PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 26. Oktober 1905. 6. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 22 am 25. Oktober 1905.

INHALT.

Erster internationaler Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation zu Lüttich, II.—16. September 1905. S. 681.

Vorträge und Abhandlungen vom ersten internationalen Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation zu Lüttich:

E. Riecke, Über Absorptionsverhältnisse der Strahlen des Radiums und des Poloniums. Nach Versuchen der Herren Retschinski und Wigger. S. 683.

K. Ångström, Beiträge zur Kenntnis der Wärmeabgabe des Radiums. II. S. 685.

F. Himstedt u. G. Meyer, Spektralanalyse des Eigenlichtes von Radiumbromidkristallen. S. 688.

E. Wiedemann u. A. Wehnelt, Bequeme Methode zur Untersuchung der Metalldampfspektra von Entladungsröhren. S. 690.

W. Matthies, Potentialmessungen an elektrodenlosen Röhren. S. 690.

H. Mache u. St. Meyer, Über die Radioaktivität österreichischer Thermen. S. 692.

H. Sieveking, Über einen neuen Apparat zur Bestimmung der Radioaktivität der Thermalquellen. S. 700.

G. A. Blanc, Über die Natur der radioaktiven Elemente, welche in den Sedimenten der Thermalquellen von Echaillon und von Salins-Moutiers (Savoyen) enthalten sind. S. 703.

Th. Tommasina, Die Radioaktivität der Lava des letzten Vesuvausbruches (1904). S. 707.

Ed. Sarasin, Über die Radioaktivität der Luft, welche atmenden Brunnen entströmt. S. 708.

Ed. Sarasin, Th. Tommasina u. F. J. Micheli, Untersuchung des Elster-Geitelschen Phänomens; induzierte Radioaktivität. S. 709.

B. Brunhes u. A. Baldit, Über die Zerstreuung der beiden Elektrizitäten auf dem Gipfel und im Gebiet des Puy de Dôme. S. 715.

C. Barus, Die Eigenschaften von Kondensationskernen und ihre atmosphärische Verteilung. S. 718.

P. Lewis, Die Geschwindigkeit von Ionen in den Gasen farbiger Flammen. S. 726.

Tagesereignisse. S. 728.

Personalien. S. 728.

Erster internationaler Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation. Lüttich, 11.—16. September 1905.

Gelegentlich der in diesem Jahre in Lüttich abgehaltenen Weltausstellung ist eine große Reihe von wissenschaftlichen Kongressen allerart in der überaus interessanten und gastlichen Hauptstadt des wallonischen Teils Belgiens zusammengetreten. So fand denn auch in den Tagen vom 11. bis 16. September zum ersten Male ein Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation statt, dessen zahlreiche Teilnehmer gewiß mit Genuß und Freude an die in Lüttich verlebten Tage zurückdenken werden. Blickt man als eifriger Teilnehmer nunmehr auf die Resultate des Kongresses zurück, so muß man zugestehen, daß die Abhaltung eines solchen Spezialkongresses etwas durchaus Wünschenswertes war, und daß die Resultate desselben, der Eifer, mit welchem die Sitzungen besucht waren und der rege Meinungsaustausch zwischen den Teilnehmern die Einberufung des Kongresses in jeder Hinsicht gerechtfertigt haben. Zu dem recht regen Besuche trug gewiß auch zum erheblichen Teile die Tatsache bei, daß in Lüttich die Weltausstellung Anziehungskraft ausübte, doch blieb während der eigentlichen Kongreßtage nicht viel Muße zum Besuche der Ausstellung, da die Zeit durch die Verhandlungen und andere interessante Veranstaltungen reichlich in Anspruch genommen war.

Die Einleitung des Kongresses bildete der am 11. September abends im Salle Ranson stattfindende und von der Stadt gegebene Begrüßungsabend der Kongreßmitglieder. Hier zeigte sich zunächst sogleich, daß man es mit einem internationalen Kongreß im wahrsten Sinne des Wortes zu tun hatte. Jeder einzelne sah sich einer überwiegenden Mehrheit unbekannter Gesichter gegenüber. Deutschland und Deutschösterreich waren leider sehr spärlich vertreten, wohl mit Rücksicht auf die baldige Naturforscherversammlung zu Meran. Es stellte sich aber unter den Kongreßmitgliedern der verschiedensten Nationalitäten sehr bald ein Zustand regsten Meinungsaustausches her, der jedes Gefühl des Fremdseins siegreich überwand und die gesamte Teilnehmerschaft bald zu einem großen Bekanntenkreise gestaltete.

Dienstag, den 12. September morgens 9½ Uhr fand die feierliche Eröffnungssitzung des Kongresses im großen Hörsaale des Lütticher physikalischen Universitätsinstitutes statt, in welcher alsdann nach den üblichen Begrüßungsreden um 11 Uhr der überaus interessante und lichtvolle Vortrag von:

Henri Becquerel: „Die Analyse der Strahlung radioaktiver Körper“ folgte. Diesen Vortrag werden wir demnächst in extenso zu bringen Gelegenheit nehmen.

Nachmittags 2¼ Uhr traten die Teilnehmer des Kongresses in besonderem Dampfer die Fahrt nach Seraing an, um daselbst die großartigen Cockerillwerke zu besichtigen. Auf diese Weise gestaltete sich der Nachmittag äußerst interessant und lehrreich. Abends 9 Uhr vereinigte ein von der Stadt Lüttich gegebener Empfangsabend die Teilnehmer des Kongresses in den festlichen Räumen des Stadthauses.

Mittwoch, den 13. September begannen morgens 9½ Uhr die Abteilungssitzungen. Der Kongreß tagte im allgemeinen in zwei Sektionen, von welchen die erste die physikalischen Gegenstände, die zweite die biologischen Probleme behandelte, doch waren in dieser ersten Mittwoch-Sitzung beide Abteilungen noch vereinigt und so bekamen die Mitglieder der physikalischen Sektion auch einige biologische Themata zu hören, die übrigens einen guten Begriff von der schon jetzt ganz erheblichen therapeutischen Bedeutung der Röntgen- und Becquerelstrahlen gaben. Von physikalischem Interesse waren in dieser Sitzung die folgenden Vorträge:

C. H. Wind (Groningen): „Über die Diffraktion der Röntgenstrahlen.“ Hier rekapituliert der Vortragende seine früheren bis 1902, meist zusammen mit Haga ausgeführten Untersuchungen über diesen Gegenstand, über die in dieser Zeitschrift schon früher berichtet worden ist.

Ed. Sarasin und Th. Tommasina (Genf): „Untersuchung des Phänomens von Elster und Geitel.“ (Vorgetragen von Tommasina.)

José Munoz del Castillo (Madrid): „Über gemeinsame internationale Arbeit auf dem Gebiete der Radioaktivität.“

Dazu kamen 4 Vorträge biologischen Inhalts, deren Aufzählung hier zu weit führen würde.

Die Nachmittagssitzung der physikalischen Sektion brachte alsdann die Vorträge der Herren:

A. de Hemptinne (Löwen): „Bemerkungen, betreffend die Terminologie der Ionisation.“

Ch. E. Guye (Genf): „Über disruptive Entladung in Gasen unter hohen Drucken.“

F. Himstedt und G. Meyer (Freiburg i. B.): „Spektralana-

lyse des Eigenlichtes von Radiumbromidkristallen." (Vorgetragen von G. Himstedt.)

Th. Tommasina (Genf): „Über die kinetische Theorie des Elektrons als Grundlage der Elektronentheorie der Strahlungen."

G. A. Blanc (Rom): „Über radioaktive Bestandteile der Sedimente von Echaillon und Salins Moutiers."

C. Engler und H. Sieveking (Karlsruhe): „Über einen neuen Apparat zur Bestimmung der Radioaktivität von Quellen." (Vorgetragen von H. Sieveking.)

Der folgende Tag, Donnerstag, der 14. September, brachte wiederum morgens 9½ Uhr die Sektionssitzungen, von denen die physikalische Sektion die folgende stattliche Reihe von Vorträgen zutage förderte:

D. Hurmuzescu (Bukarest): „Studien über die Erscheinungen der Entladung durch Röntgenstrahlen und Radiumstrahlen und über die Umwandlung dieser Strahlen."

Georges Sagnac (Paris): „Methodik und Experimentaluntersuchung über die Transformation der Röntgenstrahlen und der von ihnen erzeugten Sekundärstrahlen. Klassifikation und Mechanismus der verschiedenen von den Röntgenstrahlen hervorgerufenen Wirkungen."

W. Makower (Manchester): „Über die Methode der Überführung der induzierten Aktivität zur Kathode."

José Munoz del Castillo (Madrid): „Kritische Bemerkungen über die Hypothesen des Zerfalls von Atomen und der physikalisch-chemischen Dissoziation von Molekülen."

N. Piltschikoff (Charkow): „Über die Moserschen Strahlen."

R. Fabinyi (Klausenburg): „Über die Veränderung der Eigenschaften chemischer Elemente."

E. Riecke (Göttingen): „Über Absorptionsverhältnisse der Strahlen des Radiums und des Poloniums, nach Versuchen der Herren Retschinsky und Wigger." (Vorgetragen von E. Bose-Göttingen.)

Am Donnerstag Nachmittag fand alsdann die gemeinsame Schlußsitzung beider Abteilungen statt, die im elektrotechnischen Institut Montefiore abgehalten wurde. Die Vorträge physikalischen Inhalts in dieser Sitzung waren:

Henri Dufour (Lausanne): „Beobachtungen über einige aktinoelektrische Vorgänge." (Vorgetragen von Ed. Sarasin-Genf.)

Ed. Sarasin (Genf): „Über die Radioaktivität der Luft, welche aus atmenden Brunnen entweicht."

Sir William und Lady Huggins: „Spektraluntersuchung des festen Radiumbromids." (Vorgetragen von Henri Becquerel.)

Th. Tommasina (Genf): „Über die Radioaktivität der Vesuvlava vom Ausbruch 1904."

In derselben gemeinsamen Schlußsitzung fanden folgende vom Vorstande in besonderer Sitzung vorberatene Beschlüsse, die von H. Becquerel vorgelegt und begründet wurden, allgemeine Zustimmung und einstimmige Annahme.

„Der am 14. September 1905 zu Lüttich in gemeinsamer Sitzung vereinigte internationale Kongreß für das Studium der Radiologie und Ionisation ist überzeugt, daß, obgleich Protektion und Reglementierung durch den Staat leicht zu einem Hindernis der freien Forschung seitens der Männer der Wissenschaft werden können, es doch zweifellos notwendig ist, daß die einzelnen Staaten, ohne jedoch selbst Monopole zu schaffen, den wucherischen Aufkauf gewisser nützlicher Substanzen verhindern und auf gesetzgeberischem Wege die freie wissenschaftliche Erforschung und Anwendung dieser Substanzen zur Behandlung von Kranken garantieren.

Der Kongreß ist ferner der Überzeugung, daß es ratsam ist, um den Regierungen die Wichtigkeit derartiger Maßnahmen mitzuteilen und wiederholt ins Gedächtnis zurückzurufen, eine permanente Kommission aus Männern der Wissenschaft, die sich besonders mit den einschlägigen Fragen beschäftigen und die den verschiedenen in Betracht kommenden Staaten angehören, zu ernennen und zu bevollmächtigen, welche mit Autorität die Bedürfnisse der Wissenschaft und das Interesse der Kranken bezüglich radioaktiver Substanzen gegenüber den Regierungen zu vertreten in der Lage ist.

Daher beschließt der Kongreß:

1. daß eine internationale Kommission eingesetzt wird zur Prüfung aller die radioaktiven Substanzen betreffenden Fragen allgemeineren Interesses;

2. daß diese Kommission für gewöhnlich jährlich einmal zusammentreten soll, in Ausnahmefällen aber auch durch den Vorsitzenden unter Zustimmung der Majorität des Ausschusses einberufen werden kann;

3. daß diese Kommission regelmäßig alle 5 Jahre internationale Kongresse organisieren soll, und daß sie auch, wenn es ihr notwendig erscheint, außerordentliche Kongresse einberufen kann;

4. daß die Mitglieder dieser Kommission bei jedem Zusammentreten des internationalen Kongresses neu gewählt werden.

Der Vorstand hatte im voraus eine Liste von Mitgliedern für diese nicht nur aus Physikern, sondern auch aus Medizinern bestehenden Kommission ausgearbeitet und legte sie der Versammlung vor, von welcher dieselbe unverändert angenommen wurde. Darnach setzt sich zurzeit die vom Kongreß ernannte internationale Kommission zusammen aus den Herren:

K. Ångström, Upsala,	D. Hurmuzescu, Bukarest,
S. A. Arrhenius, Stockholm,	Lord Kelvin, Glasgow,
d'Arsonval, Paris,	Kuborn, Lüttich,
C. Barus, Providence,	V. v. Lang, Wien,
H. Becquerel, Paris,	J. Larmor, Cambridge i. E.
Bergonié, Bordeaux,	O. Lassar, Berlin,
K. Birkeland, Christiania,	Sir Olivier Lodge, Birmingham,
P. Blaserna, Rom,	H. A. Lorentz, Leiden,
L. Boltzmann, Wien,	E. L. Mascart, Paris,
C. Bouchard, Paris,	J. Munoz del Castillo, Madrid,
Sir William Crookes, London,	W. Nernst, Berlin,
P. Curie, Paris,	H. Poincaré, Paris,
P. Drude, Berlin,	Sir William Ramsay, London,
H. Dufour, Lausanne,	Lord Rayleigh, London,
N. Egoroff, St. Petersburg,	E. Riecke, Göttingen,
F. Exner, Wien,	A. Righi, Bologna,
R. Fabinyi, Klausenburg,	W. C. Röntgen, München,
E. Gérard, Lüttich,	E. Rutherford, Montreal,
E. Goldstein, Berlin,	E. Sarasin, Genf,
Ch. Ed. Guillaume, Sévres,	A. Schuster, Manchester,
C. E. Guye, Genf,	W. Spring, Lüttich,
F. Henrijean, Lüttich,	J. J. Thomson, Cambridge,
F. Himstedt, Freiburg i. B.	E. Wiedemann, Erlangen,
W. Hittorf, Münster,	

Generalsekretär der Kommission ist Herr J. Daniel, Brüssel.

Außer den zahlreichen Vorträgen in den Sitzungen (die biologische Sektion verfügte auch stets über ein sehr reichhaltiges Programm) wurden eine große Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten dem ersten internationalen Kongreß zum Studium der Radiologie und Ionisation eingereicht, welche nicht zum Vortrag gelangten.

Wir sind in der glücklichen Lage, unseren Lesern nicht nur die Mehrzahl der physikalischen Vorträge, teils in extenso, teils im Auszuge vorzulegen, sondern können denselben auch eine ganze Reihe der nicht zum mündlichen Vortrage gelangten physikalischen Abhandlungen ganz oder auszugsweise bekannt geben.

Denjenigen unserer Leser aber, welche so glücklich waren, die interessanten Lütticher Tage mit verleben zu können, hoffen wir durch unseren ausführlichen Bericht über die einzelnen Vorträge die Erinnerung an Stunden regen Meinungsaustausches daselbst neu zu beleben.

An die eigentlichen Kongreßtage schloß sich am Freitag und Sonnabend eine zweitägige Reise nach Brüssel (teilweise auch nach Spaa), nach Brügge und Ostende, die noch eine beträchtliche Anzahl von Teilnehmern des Kongresses in genußreichen Stunden zusammenhielt.

Jeder der Teilnehmer des Kongresses wird gewiß mit angenehmen Erinnerungen der Tage des ersten internationalen Kongresses für Radiologie und Ionisation gedenken.

Emil Bose.

(Eingegangen 23. September 1905.)

VORTRÄGE UND ABHANDLUNGEN VOM ERSTEN INTERNATIONALEN KONGRESS ZUM STUDIUM DER RADIOLOGIE UND IONISATION, LÜTTICH.

E. Riecke (Göttingen), Über Absorptionsverhältnisse der Strahlen des Radiums und des Poloniums (nach Versuchen der Herren Retschinsky und Wigger)

1. In der Zeit, als Melloni seine fundamentalen Untersuchungen über die Wärmestrahlen begann, war man dieser Strahlung gegenüber in einer schwierigen Lage. Ihre Natur war unbekannt, und selbst wenn in der Analogie mit den Lichtstrahlen ein leitendes Prinzip der Untersuchung gegeben war, so fehlte es an einem geeigneten Hilfsmittel zur spektralen Zerlegung und zur exakten Messung der Wärmewirkungen. Melloni selbst hat daher in ausgedehntem Maße die Absorptionserscheinungen benützt, um über die Natur der Wärmestrahlen Aufklärung zu gewinnen. In einer ähnlichen Lage sind wir zurzeit einem Teile der Strahlen gegenüber, mit deren Entdeckung das Ende des vergangenen Jahrhunderts uns beschenkt hat. Es handelt sich vor allem um die α-Strahlen des Radiums und des Poloniums, sowie um die γ-Strahlen des Radiums. Was vermögen uns Absorptionsbestimmungen über die Natur dieser Strahlen zu sagen? Zunächst kann man daraus erkennen, ob die Strahlen homogen sind oder nicht.

Auf die ebene Grenzfläche eines absorbierenden Körpers falle senkrecht ein Gemisch verschiedener, aber ihrer Natur nach unveränderlicher, z. B. optischer Strahlen. Ihre Intensitäten seien i_1, i_2, i_3 $\cdots$ ihre Absorptionskoeffizienten k_1, k_2, k_3 $\cdots$ In der Tiefe h unter der Grenzfläche ist dann die gesamte Intensität der Strahlung:

$$\mathcal{J} = i_1 e^{-k_1 h} + i_2 e^{-k_2 h} + i_3 e^{-k_3 h} + \cdots + i_n e^{-k_n h}.$$

Hier sei $k_1 > k_2 > k_3 > \cdots > k_n$.

Setzen wir andererseits:

$\mathcal{J} = \mathcal{J}_0 e^{-kh}$, wo $\mathcal{J}_0 = i_1 + i_2 + i_3 + \cdots + i_n$, so ist für genügend kleine Werte von h:

$$k = \frac{hk^2}{2} = \frac{i_1 k_1 + i_2 k_2 + \cdots}{\mathcal{J}_0} - \frac{h}{2}\frac{i_1 k_1^2 + i_2 k_2^2 + \cdots}{\mathcal{J}_0}$$

oder:

$$k = \frac{i_1 k_1 + i_2 k_2 + i_3 k_3 + \cdots}{\mathcal{J}_0} - \frac{h}{2}\left\{\frac{i_1 k_1^2 + i_2 k_2^2 + \cdots}{\mathcal{J}_0} - \left(\frac{i_1 k_1 + i_2 k_2 + \cdots}{\mathcal{J}_0}\right)^2\right\}.$$

Den Koeffizienten k wollen wir als den scheinbaren Absorptionskoeffizienten bezeichnen.

Bei verschwindender Dicke der absorbierenden Schicht ist der scheinbare Absorptionskoeffizient der Strahlung gleich dem mit Rücksicht auf die Intensitätsverhältnisse genommenen Mittelwert der wahren Absorptionskoeffizienten. Mit wachsender Dicke der absorbierenden Schicht nimmt der scheinbare Absorptionskoeffizient ab. Bei sehr großer Dicke der absorbierenden Schicht ist:

$$\mathcal{J} = i_n e^{-k_n h} = \mathcal{J}_0 e^{-kh}.$$

Der scheinbare Absorptionskoeffizient wird:

$$k = k_n + \frac{\log \mathcal{J}_0 - \log i_n}{h},$$

er nähert sich mit zunehmender Schichtdicke der Grenze $k = k_n$.

Man sieht hieraus, daß die Bestimmung des Absorptionskoeffizienten für verschiedene Schichtdicken zur Entscheidung der Frage dienen kann, ob man mit einer homogenen Strahlung zu tun hat oder nicht.

Damit hängt aber unmittelbar eine andere Frage zusammen. Eine homogene Welle wird durch Absorption nicht wesentlich verändert, ihr Absorptionskoeffizient bleibt konstant. Dagegen wird eine korpuskulare Strahlung, selbst wenn sie ursprünglich homogen war, durch die Zusammenstöße mit den Molekülen des absorbierenden Körpers inhomogen. Sie wird daher keinen konstanten Absorptionskoeffizienten besitzen. Die Untersuchung der Absorptionsverhältnisse kann somit auch über die Frage Aufschluß geben, ob man mit einer auf Wellenbewegung beruhenden oder mit einer korpuskularen Strahlung zu tun hat.

2. Absorption der α-Strahlen des Radiums in Luft.[1]) Zu den Beobachtungen diente ein Kondensator mit horizontalliegenden Platten; die untere war mit einer dünnen Schichte von Radiumbromid bedeckt. Beobachtet wurde der Sättigungsstrom zwischen den Platten. Wir betrachten die Ionisierungsstärke als ein Maß für die Intensität der Strahlung. In der Entfernung z über der unteren Platte kann die Ionisierungsstärke dargestellt werden durch:

$$q = q_0 e^{-kz}.$$

Für den Sättigungsstrom ergibt sich:

$$i = \frac{\varepsilon q_0}{k}\left\{1 - e^{-kh}\right\}.$$

Hier ist ε das elektrische Elementarquantum, h bezeichnet die Distanz der Platten.

1) Retschinsky, Über die Wiedervereinigung der Ionen in Luft. Dissertation. Göttingen 1905.

Die folgenden Tabellen enthalten für verschiedene Distanzen h die beobachteten Sättigungsströme i, sowie die daraus berechneten Werte von k; die letzte Kolonne enthält die berechneten Werte von i.

Tabelle I.

h	$i \times 10^{10}$ Amp.	k	$i \times 10^{10}$ berechn.
0,3	338	0,969	327
0,5	493	0,917	498
0,8	690	0,904	704
1,0	808	0,924	812
1,3	944	0,938	941
		0,930	
∞			1340

Tabelle II.

h	$i \times 10^{10}$ Amp.	k	$i \times 10^{10}$ berechn.
0,3	314	0,883	318
0,5	488	0,898	486
0,8	689	0,893	690
1,0	799	0,892	797
1,3	936	0,910	928
		0,896	
∞			1349

Der Absorptionskoeffizient ist in dem Bereiche der Beobachtungen konstant, die Strahlung verhält sich wie eine homogene optische Strahlung. Aus der Ablenkung im elektrischen und magnetischen Felde ergibt sich, daß die d-Strahlen korpuskulare sind. Daraus aber folgt, aß der Absorptionskoeffizient sich mit zudehmender Schichtdicke ändern muß, entgegen em Ergebnisse der Beobachtungen; die Aufklärung des Widerspruchs muß von weiteren Beobachtungen erwartet werden.

3. Absorption der α-Strahlen des Poloniums in Luft. Das ionisierte Luftvolumen war begrenzt von einer horizontalen Messingplatte von 8,5 cm Länge und 3,5 cm Breite, und von einem Drahtnetze, das in einer Entfernung von $^1/_2$ cm über der Platte befestigt war. Über dem Drahtnetz in verschiedenen Entfernungen von demselben befand sich der Ionisator; benutzt wurde ein mit Radiotellur überzogener Kupferstab von 4 cm Länge und 4 mm Durchmesser, den ich der Güte von Professor Marckwald in Berlin verdanke. Während bei den Versuchen mit den α-Strahlen des Radiums die Ionisierungsstärke galvanometrisch bestimmt werden konnte, mußte bei dem Poloniumstab die elektrometrische Methode benutzt werden. Eine gewisse Schwierigkeit für die Verwertung der Beobachtungen ergab sich daraus, daß mit der Distanz zwischen Poloniumstab und Messingplatte der von den wirksamen Strahlen erfüllte räumliche Winkel sich änderte. Die Resultate der Beobachtungen wurden aber mit Rücksicht auf diesen Umstand korrigiert.

Die ganze Vorrichtung war, um äußere Störungen zu vermeiden, in einen Messingkasten eingeschlossen, der durch das erwähnte Drahtnetz in zwei Teile geteilt war. Bei einigen Versuchen wurde das Drahtnetz mit Aluminiumfolie überdeckt, um den Einfluß einer etwaigen Diffusion von Ionen auszuschließen. Die Resultate der Beobachtung waren indes dieselben wie ohne Netz.[1])

In der folgenden Tabelle bezeichnet h die Distanz zwischen dem Poloniumstab und dem Drahtnetze; Q die nach einem willkürlichen Maße gemessene Stärke der Ionisierung, wie sie sich aus der Beobachtung unmittelbar ergab, q die mit Rücksicht auf die räumliche Ausbreitung korrigierte Ionisierungsstärke, k den Absorptionskoeffizienten.

Tabelle III.

h	Q	q	k
1,9	950	652	0,39
2,4	663	546	0,73
2,95	378	366	1,90
3,15	242	239	3,64
3,44	83	83	

Der Absorptionskoeffizient nimmt mit wachsender Dicke der Schicht zu; das ist nur bei korpuskularer Strahlung möglich, wenn durch die Zusammenstöße der Korpuskeln mit den Molekülen der Luft ihre Geschwindigkeit immer mehr verkleinert wird.

Die unkorrigierten Werte der Ionisierungsstärken geben für den Absorptionskoeffizienten die Wertreihe: 0,69 — 0,98 — 2,06 — 3,64. Der steigende Gang der Zahlen ist also nicht erst durch die Korrektion der Werte Q verursacht.

4. Die Absorption der γ-Strahlen des Radiums in Blei.[2]) Als Ionisator dienten 12 mg reinen Radiumbromids, die sich in einer mit einem Glimmerblatt bedeckten Kapsel befanden. Die Kapsel war in einen massiven Bleiklotz eingeschlossen, der mit einer nach dem Ionisationsraume gerichteten Öffnung versehen war. Diese war mit einer 0,39 mm dicken Bleiplatte überdeckt. Die Fugen waren, um das Herausdringen von Emanation zu verhindern, mit Marineleim verkittet.

Untersucht wurde zunächst mit Hilfe von Elektrometerbeobachtungen die Absorption der Strahlen in Blei. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; h bezeichnet die Dicke der durchstrahlten Schicht, k den entsprechenden Wert des Absorptionskoeffizienten.

1) Die Beobachtungen wurden angestellt von Herrn Wigger im phys. Inst. zu Göttingen; eine ausführliche Mitteilung darüber wird in seiner Inauguraldissertation erscheinen.

2) Nach Versuchen von Herrn Wigger.

Tabelle IV.

h (cm)	k	h (cm)	k
0,096	5,05	1,338	0,273
0,151	1,29	2,234	0,260
0,402	0,404	3,422	0,250
0,749	0,293	4,659	0,246

Der Gang dieser Zahlen entspricht durchaus den im ersten Abschnitte angestellten Überlegungen. Wir haben darnach mit einer Mischung von Strahlen zu tun, die sich durch die verschiedene Größe ihrer Absorptionskoeffizienten unterscheiden, die aber durch die Absorption selbst in ihrer Natur ebensowenig verändert werden, wie die Lichtstrahlen. Wenn man die Strahlen durch eine hinreichend dicke Bleischicht hindurch gehen läßt, so bleiben nur die Strahlen mit dem kleinsten Absorptionskoeffizienten übrig, die wir als Reststrahlen bezeichnen wollen.

5. Absorption der γ-Reststrahlen des Radiums in verschiedenen Metallen. Die von dem Radiumpräparate ausgehenden Strahlen durchdrangen erst die Bleiplatte, mit der das Fenster des Bleiklotzes verschlossen war, darauf verschiedene Dicken der Metalle, deren Absorption untersucht werden sollte. Aus dem die Metalle durchdringenden Strahlenbündel wurden dann die Reststrahlen durch eine 2,84 cm dicke Bleiplatte ausgesiebt. Die Resultate der Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle enthalten: d bezeichnet die Dicke des Metalles, k den Absorptionskoeffizienten.

Tabelle V.

Metall	d	k	k/d
Hg	13,6	0,283	0,0208
Pb	11,3	0,241	0,0213
Cu	8,4	0,191	0,0226
Fe	4,54	0,159	0,0211
Zn	4,05	0,141	0,0201
Al	2,42	0,054	0,0200

Der Absorptionskoeffizient der Reststrahlen ist der Dichte proportional; dieser Satz erwies sich auch für Schwefel als gültig; für ihn war $k = 0{,}0404$, $k/d = 0{,}0202$. Dagegen war für Kohle $k = 0{,}0206$ und $k/d = 0{,}0150$.

Die auf die γ-Strahlen des Radiums bezüglichen Untersuchungen, insbesondere die dadurch bewiesene Unveränderlichkeit der Reststrahlen sprechen für die Identität der γ-Strahlen mit den Röntgenstrahlen.

Knut Ångström (Upsala), Beiträge zur Kenntnis der Wärmeabgabe des Radiums.[1]) Zweite Mitteilung.

In einer früheren Mitteilung[2]) berichtete ich über einige Versuche zur genauen Bestimmung der Wärmemenge, welche das Radium abgibt. Diese Versuche zeigten, daß diese Wärmeabgabe sich während eines Jahres nicht merklich ändert, und daß sie von der Natur der umgebenden Materie unabhängig ist, dergestalt, daß die als α-, β- und γ-Strahlen ausgesandte Energie nur einen minimalen Bruchteil der Gesamtenergie ausmachen kann.[3]) Bei dieser Untersuchung bediente ich mich der elektrischen Kompensationsmethode. Das Radiumpräparat war in einen Metallzylinder eingeschlossen, und in einem anderen möglichst gleichen Zylinder befand sich eine Manganinspirale, welche durch einen elektrischen Strom geheizt werden konnte. Die Gleichheit der Temperatur wurde mit Thermoelementen beobachtet, und die Wärmeabgabe berechnet auf Grund der Kenntnis des elektrischen Widerstandes der Spirale und der Intensität des Stromes.

Gleichzeitig hatte nun Herr Paschen eine Mitteilung veröffentlicht, welche ungefähr denselben Gegenstand behandelt.[4]) Vergleicht man indessen die Ergebnisse der beiden Untersuchungen, so bemerkt man in einem gewissen Punkt eine gründliche Verschiedenheit.

Herr Paschen hat bei seinen Versuchen das Bunsensche Eiskalorimeter benutzt. Zur Bestimmung der Energie der γ-Strahlen arbeitete er mit Bleizylindern von verschiedener Dicke, welche das Radiumpräparat umschlossen. Diese Versuche haben das unerwartete Resultat ergeben, daß die γ-Strahlen mehr als die Hälfte der gesamten vom Radium entwickelten Energie mitführen.

Da ich nun denselben Wert für die Wärmeabgabe erhalten habe, gleichviel ob ich Blei- oder Kupferzylinder benutzte — obschon Blei die γ-Strahlen stärker absorbiert als Kupfer —, so war die Divergenz zwischen den Versuchen des Herrn Paschen und den meinigen augenscheinlich. Obschon ich keine Veranlassung hatte, irgendwie schwerwiegende Irrtümer meinerseits zu vermuten, entschloß ich mich doch in Hinsicht auf die Wichtigkeit der Frage, meine Versuche mit der größten Sorgfalt in größerem Maßstabe und unter Veränderung der Versuchsbedingungen zu wiederholen.

1) Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, **2**, Nr. 12, 1905.

2) K. Ångström, Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, 11. Mai 1904.

3) Über die α-Strahlen liegt leider nur ein einziger Versuch vor.

4) F. Paschen, diese Zeitschr. **5**, 563, 1904.

Diese Untersuchung war gerade beendet, als Herr Paschen in einer kurzen Notiz mitteilte, daß er seine Resultate unzuverlässig gefunden habe.[1]) Die Frage war also entschieden. Trotzdem bin ich der Ansicht, daß die Veröffentlichung meiner letzten Resultate ein gewisses Interesse bieten dürfte, weil sie einen ziemlich sicheren Anhaltspunkt bieten für die richtige Schätzung der Wärmeentwicklung der γ-Strahlen.

1. Versuche mit Kalorimetern aus verschiedenen Substanzen.

Die Methode war die gleiche, welche ich in meiner ersten Veröffentlichung über diesen Gegenstand beschrieben habe.[2]) Die Versuchsanordnung wird aus nachstehender Figur 1 ersichtlich. Auch das Radiumpräparat ist dasselbe, nämlich 86,5 mg reinen Radiumbromids in einem Glaskölbchen.

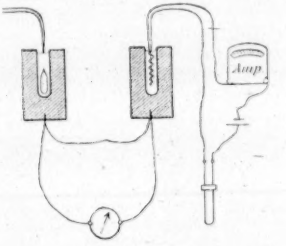


Fig. 1.

Bei meinen früheren Versuchen habe ich nur mit Kalorimetern aus Kupfer und aus Blei gearbeitet; bei den vorliegenden habe ich jedoch auch solche aus Aluminium benutzt. Die Kalorimeter hatten alle dieselben Abmessungen, nämlich:

Höhe	2,7 cm
Durchmesser	0,5 „
Tiefe der inneren Höhlung . . .	2,0 „
Durchmesser der inneren Höhlung .	0,5 „
Gewicht des Kupferkalorimeters . .	45,10 gr
Gewicht des Bleikalorimeters . . .	56,45 „
Gewicht des Aluminiumkalorimeters	13,34 „

Um plötzliche Temperaturschwankungen zu vermeiden und die Bedingungen für beide Kalorimeter möglichst identisch zu gestalten, standen sie beide in einem kupfernen Kasten, welcher in einer innen mit Watte ausgefüllten Holzkiste stand, während das Ganze wiederum in einer Zinkkiste stand.

Trotz all dieser Vorsichtsmaßregeln zeigte sich die hauptsächlichste Fehlerquelle gerade in einer Temperaturdifferenz zwischen den Kalorimetern infolge ungleichmäßiger Wärmeverteilung im Arbeitsraume. Diesen Übelstand vermochte ich nicht zu vermeiden, da ich kein Zimmer mit den erforderlichen Vorkehrungen zur Konstanterhaltung der Temperatur zu meiner Verfügung hatte. Der Widerstand der Manganinspirale wurde bei jeder Versuchsreihe neu bestimmt. Alle Beobachtungsreihen setzen sich zusammen aus abwechselnden Bestimmungen. D. h. jede Versuchsreihe mit einer bestimmten Anordnung wurde unter den gleichen Bedingungen wiederholt, nur mit dem Unterschiede, daß die Manganinspirale und das Radiumpräparat gegeneinander ausgewechselt wurden.

Das Ergebnis der Versuche findet sich in der folgenden Tabelle I wiedergegeben.

Tabelle I.

Datum 1905	Kalorimeter	Widerstand in Ohm	Kompensationsstrom in Amp.	W. g-Kal. Min.
6. Jan.	Aluminium	0,350	0,143	1,153
7. „	„ vertauscht	0,355	0,137	
8. „	Kupfer	0,350	0,137	1,109
9. „	„ vertauscht	0,349	0,1395	
10. „	Blei	0,349	0,1395	1,141
10. „	„ vertauscht	0,350	0,1412	
11. „	Kupfer	0,350	0,1422	1,134
12. „	„ vertauscht	0,351	0,1373	
17. „	Blei	0,349	0,1381	1,133
17. „	„ vertauscht	0,348	0,1416	

Es ergaben also

die	Aluminiumkalorimeter	den Wert	1,148
„	Kupferkalorimeter	„ „	1,122
„	Bleikalorimeter	„ „	1,138
		Mittelwert:	1,136

Man ersieht hieraus, daß diese Resultate, deren Abweichungen voneinander 2 Proz. nicht überschreiten, keinen merklichen Unterschied zwischen der Wärmeentwicklung in den drei Metallen zeigen.

2. Versuche mit Bleikalorimetern von größeren Abmessungen.

Die Versuchsanordnung war die gleiche wie bei den früheren Versuchen, nur waren die Abmessungen der Bleikalorimeter viel größer, nämlich:

Höhe	4,0 cm
Durchmesser	2,5 „
Tiefe der inneren Höhlung . .	2,8 „
Durchmesser der inneren Höhlung	0,5 „
Gewicht des Kalorimeters . .	203,81 gr.

Ich habe die folgenden Resultate erhalten:

Tabelle II.

Datum		Widerstand in Ohm	Kompensationsstrom in Amp.	W.
16. Jan.	A—B	0,351	0,1385	1,115
16. „	„ vertauscht	0,350	0,1385	
19. „	A—B	0,345	0,1375	1,109
19. „	„ vertauscht	0,345	0,1407	

1) F. Paschen, diese Zeitschr. **6**, 97, 1905.

2) K. Ångström, Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik, 11. Mai 1904.

Das Mittel aus diesen Versuchen ist 1,112, ein Wert, welcher um 1,5% tiefer ist als der mit den kleinen Bleikalorimetern gefundene. Dieses Resultat ist also vollkommen negativ, soweit es die Wärmeentwicklung der γ-Strahlen betrifft, und gestattet augenscheinlich, keinen anderen Schluß zu ziehen als den folgenden: Die Wärmeentwicklung ist innerhalb der Genauigkeitsgrenzen in beiden Fällen dieselbe. Es ist übrigens zu bemerken, daß die Versuchsfehler mit dem Wasserwert der Kalorimeter zunehmen, da die Schwierigkeit, durch Kompensation Temperaturgleichheit zu erlangen, mit der Langsamkeit der Temperaturänderung der Kalorimeter zunimmt.

4. Versuche mit Aluminiumkalorimetern, welche von Bleizylindern umhüllt sind.

Die Versuchsanordnung ist, wie aus Fig. 2 ersichtlich, nahezu die gleiche wie im vorhergehenden. Die beiden schon erwähnten kleinen Aluminiumkalorimeter A und A_1 sind in derselben Weise angeordnet. Das eine derselben enthält das Radiumpräparat, das andere die Manganinspirale. Die Kalorimeter werden von Bleizylindern B und B_1 von je 3 cm Höhe und 2 cm innerem Durchmesser eingeschlossen. Diese Zylinder werden gebildet aus zwei Lagen

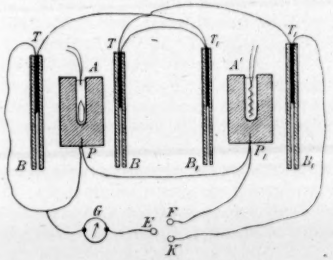


Fig. 2.

von ungefähr 1 mm dickem Bleiblech, welche umeinander gerollt sind. Zwischen diese beiden Lagen sind zwei sehr dünne Thermoelemente aus Kupfer und Konstantan, T und T_1, in der aus der Figur ersichtlichen Weise eingeführt. Mittels eines kupfernen Stöpselkontaktes kann man in den Galvanometerkreis entweder durch Schließen der Verbindung EF die zu den Kalorimetern gehörigen Thermoelemente P und P_1, oder durch Schließen der Verbindung EK die zu den Bleizylindern gehörigen Thermoelemente T und T_1 einschalten.

Man schließt nun den Kontakt EF und reguliert den Heizstrom so lange, bis die beiden Aluminiumkalorimeter dieselbe Temperatur haben. Dann muß ihre Wärmestrahlung dieselbe sein, ebenso wie die durch diese Strahlung verursachte Erwärmung der Zylinder. Wenn aber die γ-Strahlen, welche die Aluminiumzylinder ziemlich ungehindert durchdringen, während sie von den Bleizylindern stark absorbiert werden, wenn also die γ-Strahlen große Energiemengen mit sich führen, so muß hierdurch offenbar in dem das Radiumpräparat umgebenden Bleizylinder ein Wärmezuwachs verursacht werden.

Die Galvanometerempfindlichkeit war so groß, daß die durch das Radium ohne den Kompensationsstrom verursachte Erwärmung des Aluminiumkalorimeters einen Galvanometerausschlag von ungefähr 300 Skalenteilen hervorrief. Unter den gleichen Bedingungen erhielt man nahezu dieselbe Ablenkung durch die Thermoelemente in den Bleizylindern. Die Bleizylinder besitzen zwei Paar Thermoelemente, das Aluminiumkalorimeter nur ein Paar. Wenn man den elektrischen Strom so reguliert, daß in beiden Aluminiumkalorimetern die gleiche Wärme erzeugt wird, und dann beispielsweise ein Ausschlag von drei Skalenteilen durch die Thermoelemente der Bleizylinder auftritt, so beweist das offenbar, daß die durch die γ-Strahlen in den Bleizylindern erzeugte Wärme sich nicht auf 1% der in den Aluminiumzylindern entwickelten Wärme beläuft. Nach Herrn Paschen absorbiert eine 2 mm dicke Bleiplatte etwa $^1/_7$ aller γ-Strahlen. Wenn also diese Strahlen eine Energie vertreten würden, welche der am Radiumpräparat auftretenden Wärmeentwicklung nahezu gleich wäre, so müßten die Thermoelemente der Bleizylinder einen Ausschlag von beträchtlich mehr als 40 Skalenteilen hervorrufen bei gleicher Wärmeentwicklung in den beiden Aluminiumkalorimetern.

Diese Versuche wurden, gerade wie die übrigen, in der Weise ausgeführt, daß nach jeder Beobachtungsreihe die Manganinspirale und das Radiumpräparat gegeneinander ausgetauscht wurden. Wegen mangelnder Symmetrie in der Versuchsanordnung brachten die Thermoelemente der Bleizylinder bei derselben Temperatur der Aluminiumkalorimeter einen Ausschlag von 20 Skalenteilen hervor. Bei Vertauschung der Spirale und des Radiumpräparats blieb dieser Ausschlag innerhalb der Genauigkeitsgrenzen stets der gleiche. Alle diese Versuche bestätigen also die Schlußfolgerung, welche ich in meiner früheren Veröffentlichung gezogen habe, daß nämlich die Energie der β- und γ-Strahlen sehr schwach sein muß, und daß sie „nur einen minimalen Bruchteil — höchstens einige Prozent — der gesamten von der Substanz entwickelten Energie betragen kann".

Die Wärmeentwicklung des von mir vom September 1903 bis zum Januar 1905 untersuchten Radiumpräparats hat während dieser

Zeit keine merkliche Änderung erlitten. Der Mittelwert aus den früheren Bestimmungen während der Zeit vom September 1903 bis zum April 1904 betrug für jedes Gramm Radiumbromid 1,14 kleine Kalorien in der Minute oder 68,5 kleine Kalorien stündlich. Der Mittelwert, den ich hier unter gleichen Bedingungen erhalten habe, beträgt 1,136 Grammkalorien in der Minute für jedes Gramm.

Upsala, Physikalisches Institut der Universität, 10. Mai 1905.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 13. September 1905.)

F. Himstedt und G. Meyer (Freiburg i. B.), Spektralanalyse des Eigenlichtes von Radiumbromidkristallen. (Vorläufige Mitteilung.)

Sir William Huggins und Lady Huggins[1]) haben das Spektrum des von $RaBr_2$-Kristallen ausgehenden Eigenlichtes untersucht. Zu dem Zwecke war ein Kristall etwa 1 mm vor dem Spalte eines Quarzspektrographen befestigt; nach Expositionen von 72 bis 216 Stunden resultierten Spektrogramme, auf denen das Bandenspektrum des Stickstoffs vom positiven Pol, vermischt mit einigen Banden des negativen Poles zu erkennen ist. Weder Linien des *Ra*, des *Br* noch des *He* traten auf, ebensowenig die des Sauerstoffs. Das Bandenspektrum des *N* erstreckt sich nicht über die Grenzen des *Ra*-Kristalls hinaus, sondern bricht mit der Grenze des festen Salzes plötzlich ab. Benutzt wurden zu den Versuchen Präparate von Buchler & Co. und solche der Société centrale de produits chimiques. Das die meisten Linien aufweisende Spektrogramm ist mit einem Pariser Präparate erhalten.

Im folgenden teilen wir die Resultate mit, welche wir bei der spektroskopischen Untersuchung des Eigenlichtes erhalten haben, das $RaBr_2$-Kristalle in verschiedenen Gasen entwickeln. Zu den Experimenten diente ein Quarzspektrograph, der ein Cornusches Prisma von 60° enthielt; Kollimatorlinse und Objektiv der Kamera waren plankonvexe Quarzlinsen von 14 cm Brennweite. Der Spalt war umgedreht, so daß er sich als ein nach innen verengter dreieckiger Einschnitt darstellte. In die Mitte dieses Einschnittes wurden drei von Buchler & Co. (Professor Giesel) bezogene Kristalle von $RaBr_2$ so gelegt, daß sie sich nicht berührten, aber ihr Eigenlicht durch die Spaltöffnung auf die Kollimatorlinse senden konnten. Ein Stück rotes Klebwachs, welches das obere und untere Ende des Spaltes frei ließ, hielt die Kristalle in ihrer Lage fest und blendete zugleich den mittleren Teil des Spaltes bei Aufnahme eines Vergleichsspektrums ab. In dem Spektrogramm erscheinen mithin in der Mitte die Spektren des Eigenlichtes der drei Kristalle und diese sind beidseitig benachbart von dem Vergleichsspektrum. Der ganze Spektrograph stand in einem großen gasdicht geschlossenen Kasten aus Weißblech, welcher dem Spalte gegenüber ein Quarzfenster besaß. Durch dieses hindurch wurde bei der Aufnahme des Vergleichsspektrums mittels einer Zylinderlinse das Bild der Kapillare einer Geißlerschen Röhre mit Längsdurchsicht auf dem Spalte des Spektrographen entworfen.

Untersucht ist das Eigenlicht des $RaBr_2$ in Atmosphären von Luft, Kohlensäure und Wasserstoff. Die Vergleichsspektren lieferten Vakuumröhren, welche Luft, Kohlenoxyd, Wasserstoff und sämtlich als Verunreinigung Quecksilberdampf enthielten. Bei Untersuchung in Luft war der den Spektrographen enthaltende Blechkasten mit aus dem Dunkelzimmer entnommener Luft gefüllt, die durch im Innern des Kastens aufgestellte Phosphorsäure trocken gehalten wurde. Für die Untersuchung in CO_2 wurde die Luft des Kastens durch langes Durchleiten von CO_2 verdrängt, und täglich wurde während der Dauer eines Versuchs mehrere Stunden lang ein Strom von CO_2 aus einer Bombe hindurchgeleitet. Vor seinem Eintritt in den Kasten strich das Gas durch zwei Waschflaschen mit H_2SO_4. Im Innern des Kastens befand sich, wie bei den Versuchen mit Luft, eine Kristallisierschale mit Phosphorsäureanhydrid. Für die Versuche mit Wasserstoff war eine andere Anordnung getroffen. Die Kollimatorlinse war mit Marineleim luftdicht in ihre Fassung eingekittet und das Spaltrohr mit einem luftdicht aufgekitteten Glasrohre umgeben, welches dem Spalt gegenüber mit einem Quarzfenster verschlossen war. Durch eine Bohrung kommunizierte das Innere des Kollimatorrohres mit dem Hohlraume des aufgekitteten Glasrohres, welches seinerseits durch einen Tubulus mit Hahn evakuiert und mit reinem aus Zn und H_2SO_4 entwickeltem und getrocknetem Wasserstoff gefüllt werden konnte. Die Expositionszeiten betrugen in allen Gasen 7 bis 10 Tage. Die Einzelheiten der Spektrogramme treten am besten heraus, wenn man dieselben mittels einer Bogenlampe in zehnmaliger Vergrößerung auf eine Mattscheibe projiziert und im durchfallenden Lichte betrachtet. Eine auf der Glasplatte befestigte Skala ermöglichte dabei die Messung von Wellenlängen. Jede Aufnahme wurde mindestens zweimal wiederholt. Die Resultate sind stets die gleichen gewesen.

Die in Luft erhaltenen Resultate lassen sich folgendermaßen beschreiben: drei parallele Streifen, durch vollkommen klare Zwischenräume

1) Proc. Roy. Soc. London **72**, 196 u. 409, 1904.

voneinander getrennt, erstrecken sich von ca. 460 bis ca. 337 $\mu\mu$ und sind wohl aufzufassen als die kontinuierlichen Spektren des von den drei Kristallen ausgesendeten Fluoreszenzlichtes.[1]) Die Schwärzung der Streifen ist am stärksten zwischen 460 und 380 $\mu\mu$, bedeutend schwächer und allmählich auf Null abnehmend im Bereiche von 380 bis 337 $\mu\mu$. Diese beiden Abteilungen unterscheiden sich nun noch sehr wesentlich durch die darin sichtbaren Stickstoffbanden. In dem Teile von 460 bis 380 $\mu\mu$, in welchem die Schwärzung durch das kontinuierliche Spektrum verhältnismäßig stark ist, sind Verstärkungen, welche den im Vergleichsspektrum des positiven Bandenspektrums des Stickstoffs vorhandenen Banden entsprechen, nur andeutungsweise vorhanden, und diese Verstärkungen gehen sicher nicht über die Grenzen der drei Kristallkörper hinaus, so daß der Zwischenraum zwischen den drei parallelen Streifen ganz klar ist.

Ganz anders ist das Resultat in dem Teile der Aufnahme von 380 $\mu\mu$ an, in dem also die Schwärzung des kontinuierlichen Spektrums eine nur geringe und nach den kleinen Wellenlängen stetig abnehmende ist. Hier treten sicher identifizierbar die positiven Stickstoffbanden 357,7, 337,1, 315,9 und der Gruppe bei 330 entsprechend im *Ra*-Spektrum vier Banden auf, die aber entgegengesetzt den oben erwähnten Verstärkungen nicht auf die drei Kristallkörper beschränkt sind, sondern das ganze durch das Klebwachs abgeblendete Gebiet, also auch die sonst auf der Platte völlig freien Zwischenräume zwischen den drei parallelen Streifen der kontinuierlichen Spektren erfüllen. Da der Streifen, welcher das Spektrum des Kristallkörpers darstellt, nicht über 337 $\mu\mu$ hinausreicht, so steht die Bande 315,9 vollkommen frei da, und es ist sehr gut zu erkennen, daß sie von oben bis unten gleiche Schwärzung aufweist. Diese vier Banden müssen also daher rühren, daß der Stickstoff der Luft in der Umgebung der $RaBr_2$-Kristalle zum Leuchten gebracht wird, und zwar müssen die Kristalle die den vier Banden 357,7 etc. entsprechenden Wellenlängen am stärksten erregen, da nur diese in dem Raume zwischen den Kristallen auftreten, während die übrigen die Grenzen des Kristallkörpers nicht überschreiten. Dieser Erfolg wurde erst erreicht, nachdem die Kristalle längere Zeit in durch Phosphorsäure getrockneter Luft gewesen waren, und auch bei den Aufnahmen nur so getrocknete Luft benutzt wurde.

1) Nicht ausgeschlossen ist es, daß die Streifen nicht wirklich kontinuierliche Spektren sind, sondern dicht nebeneinander gelagerte, nicht aufgelöste Banden.

In nicht so sorgfältig getrockneter Luft, z. B. der des Dunkelzimmers mit ihrem gewöhnlichen Feuchtigkeitsgehalte, konnten wir die Banden nur andeutungsweise erhalten.

In Kohlensäure und Wasserstoff erhielten wir nur die drei getrennt voneinander liegenden kontinuierlichen Spektren ohne jede wahrnehmbare Verstärkung. Dieselben erstreckten sich bis etwa 310 $\mu\mu$, waren also länger als die in Luft erhaltenen, zeigten aber keine Spur von Banden oder Linien, welche den Zwischenraum durchziehen. Nach der Schwärzung der Platten zu urteilen, müssen die Kristalle in CO_2 heller leuchten als in Luft oder H; die Beobachtung der leuchtenden Kristalle mit dem Auge bestätigt dies.

Die von uns direkt nachgewiesene Tatsache, daß Stickstoff in der Umgebung der $RaBr_2$-Kristalle leuchtend wird, steht in Widerspruch mit den Resultaten von Lord und Lady Huggins, welche ausdrücklich betonen: „We are unable to detect any halo of luminosity outside the limit of the solid radium bromide". Wir wollen deshalb nicht unerwähnt lassen, daß bei den Hugginsschen Versuchen die Spaltbreite ca. 0,05 mm, bei den unsrigen ca. 0,4 mm betrug. Eine Erklärung für die Nichtübereinstimmung müssen weitere Versuche bringen.

Unsere Beobachtung steht in vollkommener Übereinstimmung mit den Beobachtungen von B. Walter[1]) über die Strahlung des Radiotellurs, welcher durch die von diesem Körper ausgehenden Strahlen den Schatten eines Stahldrahtes auf einer photographischen Platte abbilden ließ, und dabei fand, daß Stickstoff durch Radiotellur zum Leuchten gebracht wird, und daß, wie die Einschaltung absorbierender Medien zeigte, die emittierte Strahlung zwischen 350 und 290 $\mu\mu$ liegt. Diese Erscheinung trat nur im Stickstoff auf. Das $RaBr_2$ zeigt das gleiche Phänomen, der Kristall bringt von den untersuchten Gasen nur den Stickstoff zum Leuchten, und dieses Licht emittiert die Wellenlängen 357,7, 337,1, 330, 315,9. Man wird hiernach wohl sagen dürfen, es ist nicht unwahrscheinlich, daß das Radiotellur den Stickstoff zur Emission derselben Wellenlängen veranlaßt wie das $RaBr_2$.

1) B. Walter, Ann. d. Physik **17**, 367, 1905.

Freiburg i.Br., 22. August 1905. Physikalisch und physikalisch-chemisches Institut.

(Eingegangen 13. September 1905.)

E. Wiedemann u. A. Wehnelt (Erlangen), Bequeme Methode zur Untersuchung der Metalldampfspektra von Entladungsröhren.

Benutzt man in Entladungsröhren als Kathoden glühende, mit *CaO*, *BaO* oder *SrO* überzogene Platinbleche von einigen cm^2 Oberfläche, so kann man, wie der eine[1]) von uns gezeigt hat, Ströme von mehreren Ampère unter Anwendung relativ niedriger Spannungen (110 bis 220 Volt) durch Entladungsröhren senden.

Bei den starken Strömen erhitzt sich die Anode so stark, daß selbst schwer schmelzbare Metalle (Platin, Eisen usw.) schmelzen[2]) und auch verdampfen.

Die so erzeugten Metalldämpfe leuchten unter dem Einfluß des hindurchgehenden Stromes sehr hell und zeigen dabei äußerst lichtstarke Spektra der benutzten Metalle. Photographische Aufnahmen ergaben, daß die auf die eben beschriebene Art erzeugten Spektra sich wesentlich weiter in das ultraviolette Gebiet erstrecken, als die Funkenspektra der gleichen Metalle, was auf eine höhere Temperatur des Dampfes im Entladungsrohre schließen ließe, falls die äußersten ultravioletten Linien nicht von dem leuchtenden Gasinhalte des Rohres herrühren. Eine exaktere Untersuchung der Metalldampfspektra mit verbesserten Hilfsmitteln soll diese und andere Fragen aufklären.

Bezüglich der Literatur über Metalldampfspektra verweisen wir auf die später erscheinende ausführliche Arbeit. Wir bemerken hier nur, daß bereits der eine von uns in Gemeinschaft mit Herrn G. C. Schmidt[3]) Entladungen in Metalldämpfen hergestellt und vereinzelte Versuche über deren Spektra mitgeteilt hat (vergl. auch die Erlanger Dissertation von A. C. Jones.[4])

Nach oberflächlichen Messungen schien es den genannten Beobachtern, als ob die Linien der in den verschiedenen Teilen der Entladung auftretenden Spektra verschiedenen Serien angehören. Eine Hauptaufgabe für uns wird es sein, mit dem neuen Hilfsmittel dieses Resultat zu prüfen.

1) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **14**, 457—458, 1904; diese Zeitschr. **5**, 680—681, 1904.
2) A. Wehnelt, Ann. d. Phys. **14**, 457, 1904.
3) E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Sitzungsber. d. phys.-mediz. Soz. Erlangen XIII, 12, 1895 (Wied. Ann. **57**, 447, 1896 und **57**, 454, 1896.
4) A. C. Jones, Wied. Ann. **62**, 30, 1897.

Erlangen, im Juli 1905.

(Eingegangen 8. September 1905.)

W. Matthies (Hamburg), Potentialmessungen an elektrodenlosen Röhren.

Herr E. Bouty[1]) hat in einer Reihe schöner Untersuchungen die sogenannte dielektrische Festigkeit zu bestimmen versucht.

Bei der großen Ähnlichkeit zwischen den von Bouty erhaltenen Kurven, welche die Abhängigkeit des kritischen Feldes vom Drucke darstellen und denjenigen, welche die Beziehung zwischen dem gesamten Entladungspotential in Röhren mit inneren Elektroden und dem Drucke angeben, schien es von Interesse, Parallelversuche in dieser Richtung anzustellen, deren Ergebnisse kurz im folgenden mitgeteilt seien.

Um zunächst zu prüfen, ob ich bei meiner Versuchsanordnung, die übrigens nur wenig von der Boutyschen abweicht, ähnliche Werte für das kritische Feld erhielte, habe ich dasselbe für verschiedene Drucke und einige Ballons bestimmt, die mit elektrolytisch dargestelltem, durch Schwefelsäure und Phosphorpentoxyd getrocknetem Wasserstoff gefüllt waren. Letztere Füllung wurde auch bei allen späteren Versuchen benutzt. Die aus dickwandigen Kugeln aus Thüringer Glas hergestellten, auf zwei gegenüberliegenden Seiten abgeplatteten Ballons, waren sorgfältig mit einer dünnen Paraffinschicht überzogen und standen durch ein seitliches Rohr mit einer Sprengelschen Quecksilberluftpumpe in Verbindung. Die Drucke wurden an einem Mc Leodschen Manometer abgelesen; das elektrostatische Feld erzeugte ein Kondensator, dessen verschiebbare Zinkplatten einen Durchmesser von 36 cm hatten, und mittels einer Akkumulatorenbatterie auf das gewünschte Potential geladen wurden. Durch Verwendung eines elektrolytischen Abzweigwiderstandes konnte jede Spannung bis zu etwa 3000 Volt erhalten werden. Das nach der „Aufleuchtmethode“[2]) bestimmte kritische Feld wurde mit einem Braunschen Voltmeter gemessen.

Meine Versuchsresultate, von deren Mitteilung an dieser Stelle abgesehen werden möge, zeigten genügend gute Übereinstimmung mit den Boutyschen.

Ist ein gasverdünnter Raum der Einwirkung eines elektrostatischen Feldes ausgesetzt, so muß nach Faraday und Bouty dasselbe einen ganz bestimmten Wert überschreiten, um das Gas zum Aufleuchten zu bringen; es zeigte sich jedoch, daß nach einmaligem Aufleuchten die Potentialdifferenz der Kondensatorplatten erniedrigt werden konnte, ohne daß das Aufleuchten beim Entstehen und Verschwinden des Feldes aufhörte. Diese Erniedrigung darf, wie zu erwarten ist, nur eine ganz bestimmte sein; wie

1) E. Bouty, Journ. d. Phys. IV. Serie, T. II, 1903 u. T. III, 1904.
2) Vgl. E. Bouty, l. c.

zahlreiche Versuche ergaben, läßt sich letztere „Minimalpotentialdifferenz" ebenso scharf bestimmen, wie das kritische Feld vor einer Anregung des Gases. Die Erklärung dieser Erscheinung auf Grund der Elektronentheorie ist eine einfache.

Tabelle I gibt die Resultate der Messungen wieder, die zur Feststellung des kritischen Feldes und der zugehörigen Minimalpotentialdifferenz für einige Drucke ausgeführt wurden.

Tabelle I.

$2R = 8{,}5$ cm, $d = 5{,}3$ cm.

p	y_k	y_m
0,135	1120	630
0,24	510	370
0,54	615	530?
1,60	920	635
2,53	1090	770
3,00	1245	865
4,75	1300	900

In Tabelle I, wie in den nachfolgenden, bedeutet $2R$ den größten äquatorialen Durchmesser der Glasballons und d den Abstand ihrer platten Begrenzungsflächen. y_k ist die kritische Potentialdifferenz, y_m die Minimalpotentialdifferenz in Volt und p der Druck in mm Hg. Man ersieht aus der Tabelle, daß die Werte für die kritische und die Minimalpotentialdifferenz für verschiedene Drucke nicht ganz parallel verlaufen, sondern jene schneller als diese anwachsen.

Um die Stärke der Abklingung der Ionisation in den Ballons zu prüfen, wurde folgender Versuch angestellt. An die Kondensatorplatten wurde eine Potentialdifferenz angelegt, die gerade eben genügte, um ein Aufleuchten hervorzurufen; dann wurde der Kondensator kurz geschlossen, der Ballon für einige Zeit aus dem Innenraum zwischen den Platten herausgedreht und darauf wieder nach einer bestimmten Zeit nach dem ersten Aufleuchten die Minimalpotentialdifferenz bestimmt. Nachdem dann der Ballon stark erhitzt und neu paraffiniert worden war, wurde das gleiche Experiment wiederholt, nur mit der Modifikation, daß nach einer anderen Zeit die Minimalpotentialdifferenz bestimmt wurde. Tabelle II, welche die erhaltenen Resultate für drei verschiedene Drucke wiedergibt, zeigt, daß die Abklingung eine recht beträchtliche ist. Irgendeine Gesetzmäßigkeit konnte hierbei nicht nachgewiesen werden. Die Werte, die ich für ein und denselben Druck an verschiedenen Tagen erhielt, wichen erheblich voneinander ab; die mitgeteilten Zahlen sind mittlere Werte; Z bedeutet die Zeit in Sekunden nach dem ersten Aufleuchten und der hierdurch bedingten Anregung.

Um die Beziehungen zwischen den Entladungspotentialen an Röhren mit und ohne Elektroden zu prüfen, wurden folgende Versuche ausgeführt. Einerseits wurde das kritische Feld eines Ballons für verschiedene Drucke ermittelt; andererseits wurde gleichzeitig die Elektrodenspannung eines mit dem Ballon verbundenen Rohres bestimmt, die nötig ist, um eine Entladung einzuleiten. Die Dimensionen des mit plattenförmigen Zinkelektroden versehenen Entladungsrohres waren ungefähr die gleichen wie des Ballons.

Tabelle II.

$2R = 8{,}5$ cm, $d = 5{,}3$ cm.

$p = 0{,}16$ $y_k = 710$		$p = 2{,}4$ $y_k = 1090$		$p = 4{,}2$ $y_k = 1285$	
z	y_m	z	y_m	z	y_m
7	460	10	765	8	910
60	500	75	790	90	960
180	530	180	855	180	1025
300	615	240	880	300	1150
480	680	480	965	420	1275
600	715	720	1080	600	1300

Tabelle III.

$2R = 7{,}5$ cm, $d = 5{,}2$ cm, Elektrodenabstand 5 cm.

p	y_k	
	Ballon	Entladungsrohr
0,055	2450	2800
0,12	850	660
0,23	600	370
0,53	570	390
0,85	565	430
1,29	630	495
1,64	690	570
2,97	990	790
4,60	1280	1050

Die Resultate der Messungen sind in Tabelle III niedergelegt; zeichnet man aus den darin enthaltenen Werten die beiden Kurven, so sieht man, daß dieselben vollkommen den gleichen Charakter haben, so daß man zur Vermutung gedrängt wird, daß wir es in beiden Fällen mit gleichen Verhältnissen zu tun haben. Darnach müssen wir annehmen, daß für die Vorgänge bei der Entladung im Gase unter dem Einfluß eines elektrostatischen Feldes die gleichen Gesetze gelten, wie für den elektrischen Strom im Gase, der durch Metallelektroden zugeführt wird. Ist diese Anschauung richtig, so muß sich das kritische Feld, analog dem Entladungspotential, additiv aus einem Kathoden- und Anodenfall, aus dem Gefälle auf der positiven Säule und demjenigen im negativen Glimmlicht zusammensetzen; ob daneben noch die dielektrische Festigkeit im engeren Sinne des Wortes eine Rolle spielt, bleibt zu untersuchen.

Für jene Ansicht sprechen ebenfalls die Ergebnisse der Untersuchungen von E. Wiedemann

und H. Ebert[1]); nach diesen bilden sich in einem elektrodenlosen, mit verdünntem Gase gefüllten Rohre die typischen Entladungserscheinungen aus, falls sich das Gas in einem elektrischen Wechselfeld befindet; für die Ausbildung jener Erscheinungen ist es qualitativ gleichgültig, ob die Begrenzungsflächen des Gases, an denen der Stromübergang stattfindet, Leiter oder Nichtleiter sind.

Hierauf bezügliche, von mir modifizierte Versuche bestätigten obige Resultate in jeder Hinsicht.

Der anomale Kathodenfall wächst bekanntlich sehr stark mit abnehmendem Drucke, wenn das negative Glimmlicht sich nicht mehr frei entwickeln kann und vor allem, wenn der dunkle Kathodenraum bis zur Anode reicht, oder diese gar einhüllt. Bilden sich also in der Tat unter dem Einfluß des elektrischen Feldes Kathodenerscheinungen in einem elektrodenlosen Rohre aus, so muß sich dies experimentell dadurch nachweisen lassen, daß man bei ein und demselben Drucke in einem schmalen Ballon, in dem der Kathodendunkelraum sich nicht mehr ausdehnen kann, eine größere Potentialdifferenz braucht, um das Gas zum Aufleuchten zu bringen, als in einem breiten Ballon, in welchem eine Erweiterung der genannten Art noch möglich ist.

Die Resultate der an drei Ballons von verschiedener Dimension angestellten Messungen sind in Tabelle IV wiedergegeben.

Tabelle IV.

p	pk in Ballon:		
	$2R=8{,}5$, $d=5{,}3$	$2R=8{,}6$, $d=6{,}55$	$2R=8{,}6$, $d=7{,}4$
0,065	2450	2010	1660
0,08	1200	1050	850
0,16	610	580	540
0,34	590	545	480
0,77	610	660	690
1,51	830	900	980
2,30	1050	1200	1300
3,55	1180	1450	1570
4,65	1250	1650	1810

Wie erwartet wurde, wachsen die kritischen Potentialdifferenzen zwischen den Endflächen der Ballons bei höheren Drucken mit der Dicke der Ballons (d), während sich für tiefere Drucke die Verhältnisse umkehren.

Aus den mitgeteilten Versuchen dürfte mit großer Wahrscheinlichkeit folgen, daß in einem elektrodenlosen Rohre unter Einwirkung eines elektrostatischen Feldes sich im Gase die gleichen Erscheinungen wie in einem Geißlerschen Rohre entwickeln und die Vorgänge unmittelbar vor dem Stromdurchgang bereits den gleichen Gesetzen gehorchen, wie bei diesem; das kritische Feld, oder vielleicht besser „die kritische Potentialdifferenz" zwischen den Endflächen des Gefäßes setzt sich demnach additiv der Hauptsache nach aus einem Kathoden- und Anodenfall und einem Gefälle auf der positiven Säule zusammen, die den bekannten Gesetzen gehorchen.

Erlangen, Phys. Institut, am 29. Juli 1905.

(Eingegangen 21. September 1905.)

1) H. Ebert u. E. Wiedemann, Wied. Ann. **49**, 1, 1893; **50**, 1, 1893.

Heinrich Mache und Stefan Meyer (Wien), Über die Radioaktivität österreichischer Thermen.

Im folgenden geben wir einen kurzen zusammenfassenden Bericht über eine Reihe von Arbeiten, welche den erwähnten Gegenstand betreffen und die wir größtenteils gemeinsam ausgeführt und in den Wiener Sitzungsberichten veröffentlicht haben.[1])

Der Zweck dieser Untersuchungen war einerseits eine quantitativ vergleichbare Zusammenstellung des Emanationsgehaltes in den Quellen der wichtigsten österreichischen Bäder, anderseits eine qualitative Prüfung dieser Emanationen durch Beobachtung ihrer Abklingungskonstante und der ihrer Zerfallsprodukte. Naturgemäß schloß sich daran auch die Untersuchung von Quellsedimenten, durch welche der Frage näher getreten werden sollte, ob neben der Emanation auch radioaktive Substanz im Quellwasser gelöst ist.

Die Art der Untersuchung unterschied sich im instrumentellen Teil nur unwesentlich von der jetzt allgemein üblichen und es sei daher bezüglich des verwendeten Apparates auf die ausführliche Beschreibung in den zitierten Abhandlungen verwiesen. Erwähnt sei hier nur, daß diejenigen Wässer, bei welchen in den folgenden Tabellen das bei der Prozedur des Durchpumpens ausgetriebene Gasvolumen vermerkt ist, einen beträchtlichen Gehalt an teils absorbiertem, teils freiem Gas aufwiesen. Da dieses Gas im Apparat eine beträchtliche Drucksteigerung hervorruft, welche dessen Dichtung gefährdet, wurde in den Kreis eine größere mit emanationsfreiem Wasser gefüllte Flasche eingeschaltet, die sich im selben Maße entleerte, als das Gas aus der untersuchten Wasserprobe frei wurde. Wir haben uns davon überzeugt, daß bei halbstündigem Strömen der emanationshaltigen Luft über die stagnierende Wasserfläche der Vorschaltflasche keine oder zumindest

1) H. Mache, Wiener Ber. **113**, Abt. IIa, 1329, 1904; H. Mache u. St. Meyer, ebenda **114**, Abt. IIa, 355 und 545, 1905; H. Mache, St. Meyer und E. v. Schweidler, Wiener Anz. vom 16. Februar 1905.

nur eine sehr geringe Absorption der Emanation durch dieses Wasser stattfindet. Zugleich ermöglicht diese Vorrichtung in leicht verständlicher Weise eine angenäherte Bestimmung der ausgetriebenen Gasmenge.

Zum methodischen Teil der Untersuchung ist zunächst zu bemerken, daß stets an dem beobachteten Sättigungsstrome derjenige Betrag korrigiert wurde, der auf die im Apparate bis zum Zeitpunkt der Messung hervorgerufene radioaktive Induktion entfällt. Das geschieht in der Weise, daß man unmittelbar nach der Messung den Apparat kräftig lüftet und nun durch zumindest 10 Minuten das Absinken der Induktion beobachtet. Es ist dann ein leichtes, durch Extrapolation den Wert der Induktion zur Zeit des Abhebens mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Eine zweite Korrektur bezieht sich auf denjenigen Teil der Emanation, der in den Vorlagen, der Pumpe, den Schlauchverbindungen und endlich auch noch im Wasser nach dem Erreichen homogener Verteilung vorhanden ist und sich an der Unterhaltung des Sättigungsstromes im Glockenapparat selbst nicht beteiligt. Hierbei wurde auf Grund der Versuche von Himstedt und v. Traubenberg, sowie auf Grund eigener Versuche angenommen, daß nach erreichtem Gleichgewichtszustande im Wasser drei Zehntel der im gleichen Volumen Luft vorhandenen Emanationsmenge enthalten sind. Endlich ist natürlich noch die Zeit zu berücksichtigen, die von der Entnahme der Probe bis zur Messung verstreicht, d. h. der gemessene Wert an Hand des bekannten Exponentialgesetzes auf die Zeit der Entnahme zu beziehen.

Wird der auf diese Weise reduzierte Wert vermittels der etwa durch einen Harmsschen Kondensator genau bestimmten Kapazität des Apparates [1]) in absoluten elektrostatischen Stromeinheiten ausgedrückt und stets auf das gleiche Quantum der Probe — etwa einen Liter — bezogen, so ist er ein absolutes, im übrigen von der Versuchsanordnung unabhängiges Maß für den Emanationsgehalt. In den weiter unten folgenden Tabellen erscheinen diese Werte der Bequemlichkeit halber noch mit Tausend multipliziert. Sie bedeuten somit die Stärke desjenigen Sättigungsstromes, den die in einem Liter Wasser (oder Gas) enthaltene Emanation unterhalten kann, ausgedrückt in Tausendsteln der elektrostatischen Einheit.[2])

Gemessen wurden die Quellprodukte der folgenden Bäder: Gastein, Karlsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau, Franzensbad, Baden, Vöslau, Fischau, Rohitsch-Sauerbrunn und Pistyan (Ungarn). Gelegentlich erfolgte auch die Untersuchung einiger an der Hauptfundstelle des Pecherzes, nämlich im Elias-Schachte zu St. Joachimsthal ausbrechender Grubenwässer, sowie einiger Tagwässer.

Es ist noch zu erwähnen, daß nur in den beiden durch den Emanationsreichtum ihrer Quellen besonders ausgezeichneten Orten, nämlich in Gastein und Karlsbad, die Untersuchung an Ort und Stelle ausgeführt wurde. Wir waren wiederholt in der Lage, festzustellen, daß unter entsprechender Vorsicht gefüllte und versendete Wasserproben für den Emanationsgehalt Werte geben, die innerhalb der zulässigen Versuchsfehler mit denjenigen übereinstimmen, die direkt am Ort der Entnahme erhalten werden. Es können daher unbedenklich auch unsere anderen Angaben als völlig korrekt gelten, die an Proben bestimmt wurden, welche uns als Expreßsendungen zugingen. Natürlich ist auf eine sachgemäße und vorsichtige Füllung, bei der ja vor allem jede Luftdurchmischung vermieden werden muß, das größte Gewicht zu legen. Diese Füllung wurde teils von uns selbst vorgenommen, teils von einigen Herren besorgt, die aus Interesse für die Sache sich in dankenswerter und umsichtiger Weise dieser Mühe unterzogen.

Die folgenden Tabellen enthalten zunächst die gesamten Messungsergebnisse. Die erste Kolumne gibt den Emanationsgehalt, ausgedrückt in der oben bezeichneten Einheit, die zweite die Temperatur in Grad Celsius an der Entnahmestelle, die dritte, wo eine solche vorhanden ist, das Volumen des aus einem Liter Wasser ausgetriebenen Gases.

Gastein.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Cels.
	A. Gas.		
1	Grabenbäckerquelle . . .	564	—
2	Elisabethstollen (Quelle No. 7)	412	—
	B. Wasser.		
3	Grabenbäckerquelle . . .	155	36,3
4	Elisabethstollen, Hauptort	133	46,8
5	Wasserfallquelle	106	36,9
6	Chorinsky-Quelle	83,4	41,9
7	Elisabethstollen, Südquelle	73,7	46,1
8	Franz Joseph-Stollen, hintere Quelle	64,5	39,0
9	Franz Joseph-Stollen, vordere Quelle	61,7	44,7
10	Chirurgenquelle	54,5	47,1
11	Fledermausstollen	> 32,8	30,0
12	Doktorquelle	31,5	44,2
13	Elisabethstollen, Nordquelle	26,8	42,5
14	Rudolf-Stollen	24,7	46,9
15	Elisabeth-Nebenquelle . .	3,69	45,7
16*	Quelle im Gruberhaus . .	2,61	15,6
17*	Schachenquelle	0,31	—
18*	Giftquelle	1,05	—

*) Quelle No. 16 wird nicht zu Kurzwecken verwendet. Doch weist sie Sommer und Winter gleiche Temperatur und

1) Die Kapazität unserer Apparate betrug zwischen 11 und 12 cm.

2) Vgl. P. Curie und A. Laborde, C. R. **138**, 1150, 1904. Allerdings ist in den Angaben dieser Autoren der auf Aktivierung durch Induktion entfallende Teilbetrag mit einbezogen.

Fördermenge auf. No. 17 ist ein Tagwasser, das behufs Trinkwasserversorgung nach Gastein geleitet wird. Die Giftquelle Nr. 18 (kalt) entspringt etwa 4 Wegstunden von Gastein in der Nähe des oberen Bockhardsees (ca. 2100 m über dem Meere) unfern einiger verfallener alter Bergwerksschachte.

Karlsbad.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Celsius	Aus 1 Liter ausgetrieb. Gasmenge in Litern
	A. Gas.			
19	Mühlbrunnen, vordere Quelle	94,2	—	—
20	Schloßbrunnen	50,2	—	—
21	Bernhardsbrunnen	4,00	—	—
22	Marktbrunn., Gasquelle	1,51	—	—
23	Sprudel[1]	0,88	—	—
	B. Wasser.			
24	Eisenquelle	38,4	8,4	0
25	Mühlbrunn., vord. Quell.	31,5	39,2	1,00
26	Schloßbrunnen	17,4	30,2	1,33
27	Roter Säuerling	14,0	10,5	0,72
28	Dorotheensauerbrunn	7,08	5,5	0,81
29	Felsenquelle	4,11	54,8	1,25
30	Kaiser Karlsquelle	3,74	43,1	1,13
31	Theresienbrunnen	3,72	50,0	1,08
32	Neubrunnen	3,71	52,1	0,98
33	Mühlbrunn., hint. Quell.	3,11	44,6	0,82
34	Kaiserbrunnen	2,54	46,2	1,04
35	Marktbrunnen	2,45	53,6	0,83
36	Hospitalsäuerling	2,35	11,6	0,71
37	Quelle im Hause 232	2,34	11,0	0,89
38	Franz Josephs-Quelle	1,76	63,0	1,42
39	Bernhardsbrunnen	1,58	61,1	0,63
40	Spitalsquelle	1,36	34,5	0,72
41	Orchesterquelle	0,99	58,2	0,42

1) Das Wasser des Sprudels ($\vartheta = 71 \cdot 3^{\circ}$ C) liefert bloß einen Wert von $i \cdot 10^3 =$ zirka 0,1.

Marienbad.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Celsius	Aus 1 Liter ausgetrieb. Gasmenge in Litern
	A. Gas.			
42	Waldquelle	10,9	—	—
43	Kreuzbrunnen	8,68	—	—
44	Gasquelle	2,39	—	—
45	Ambrosiusquelle	1,48	—	—
	B. Wasser.			
46	Nebenquelle	6,78	6,4	1,22
47	Untere Quelle	5,09	7,1	1,14
48	Waldquelle	4,57	7,0	1,17
49	Kreuzbrunnen	4,26	7,5	1,14
50	Bärenquelle	2,27	4,8	1,00
51	Marienquelle	1,74	—	1,32
52	Moorlagerquelle	1,71	7,9	1,35
53	Stinker	1,68	2,4	1,24
54	Ambrosiusquelle	1,62	7,8	1,07
55	Rudolfsquelle	1,49	9,7	1,33
56	Wiesenquelle	1,48	9,6	1,19
57	Karolinenbrunnen	1,36	8,0	1,19
58	Pfarrsäuerling	1,16	7,1	1,33
59	Alexandrinenquelle	1,13	7,5	1,76
60	Alfredsquelle	1,06	8,1	1,21
61	Potta-Sauerbrunnen	0,76	8,4	1,27
62	Ferdinandsbrunnen	0,66	9,5	1,94

Teplitz-Schönau.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Cels.
	A. Gas.		
63	Urquelle	21,9	—
	B. Wasser.		
64	Steinbadquelle	6,56	32,5
65	Schlangenbadquelle	6,52	39,0
66	Frauenquelle	5,81	48,8
67	Urquelle	4,96	45,9
68	Augenquelle	3,13	21,9
69	Riesenquelle bei Dux[1]	8,73	—

1) Diese Quelle steht mit den Teplitzer Quellen, obwohl räumlich von ihnen getrennt, im Zusammenhang.

Franzensbad.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	Aus 1 Liter ausgetriebene Gasmenge in Litern
	A. Gas.		
70	Loimannsquelle	0,67	—
71	Kalter Sprudel	0,25	—
72	Gasquelle	0,23	—
73	Natalienquelle	0,23	—
	B. Wasser.		
74	Neuquelle	0,96	1,35
75	Loimannsquelle	0,95	0,92
76	Franzensquelle	0,82	1,09
77	Stephanienquelle	0,69	1,46
78	Natalienquelle	0,47	0,78
79	Herculesquelle	0,41	1,38
80	Kalter Sprudel	0,41	1,00
81	Dr. Cartellieri's Quelle	0,36	1,23
82	Luisenquelle	0,30	0,34
83	Stahlquelle	0,29	1,25
84	Wiesenquelle	0,21	0,80
85	Salzquelle	0,13	1,02

Baden b. Wien.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Cels.
	A. Gas.		
86	Johannesbad	16,6	—
87	Ferdinandsbad	16,3	—
88	Ursprung	13,1	—
	B. Wasser.		
89	Franzensbad	7,88	33,8
90	Johannesbad	4,54	30,0
91	Ferdinandsbad	3,59	30,2
92	Ursprung	3,12	34,1
93	Petegrinquelle	2,16	28,4
94	Frauenbadquelle	1,94	35,2

Vöslau.

No.	Bezeichnung der Quelle	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Graden Cels.
	A. Gas.		
95	Hauptquelle	2,60	—
96	Vollbadquelle	2,48	—
	B. Wasser.		
97	Neue freie Quelle	0,83	20,7
98	Hauptquelle	0,71	23,3
99	Vollbadquelle	0,70	23,1

Fischau.

	A. Gas.		
100	Herrenbadquelle . . .	2,18	—
	B. Wasser.		
101	Hauptquelle	0,89	18,7
102	Herrenbadquelle . . .	0,56	18,5
103	Grottenquelle	0,45	17,8
104	Kleine Quelle	0,31	18,5

Rohitsch-Sauerbrunn.

105	Tempelquelle	0,20	9,2
106	Styriaquelle	0,08	8,7

Pistyan (Ungarn).

107	Brunnenschacht . . .	2,03	60
108	Schlammquelle. . . .	1,32	58,1

Wiener Tagwässer.

No.	Bezeichnung des Wassers	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.
109	Meidling (Wien XII) Theresienbadquelle	0,26
110	Wien IX, Türkenstr. 3, Brunnen . .	0,06
111	Wiener Hochquell-Leitung	0,08

St. Joachimsthal.[1])

No.	Bezeichnung des Quellursprunges	$i \cdot 10^3$ in E.S.E.	ϑ in Grad. Cels.	Tiefe unter d.Erdoberfl. in Metern
112	Wasserstollen . . .	33,0	5,5	60
113	Barbarastollen . . .	49,5	11,0	266
114	Nordortam Schweizergang, II. Wernerlauf	185,0	14,2	375

1) Grubenwässer aus dem Eliasschachte. Spärliche von der Sohle aufsteigende oder über die Seitenwand der Stollen rieselnde Quellen.

Aus den vorangehenden quantitativen Zusammenstellungen des Emanationsgehaltes in den Quellen der einzelnen Badeorte erhellt zunächst, daß dieser Gehalt an gleichem Ort von Quelle zu Quelle sehr verschieden sein kann. So schwanken beispielsweise die Werte für die Wässer in Gastein zwischen 155 und 3,7, in Karlsbad zwischen 38,4 und 0,1. Die Untersuchung eines Quellenkomplexes kann somit in den meisten Fällen nicht auf einzelne Wässer oder Gase beschränkt werden.

Ein einfacher gesetzmäßiger Zusammenhang des Emanationsgehaltes der Quellen mit der Temperatur ist nicht ersichtlich und dies ist in Anbetracht der vielen für diesen Gehalt mitbestimmenden Faktoren wohl auch nicht zu erwarten. Doch kann man immerhin sagen, daß für einen bestimmten Thermalquellenkomplex die kälteren Thermen vor den heißen begünstigt sind.

So ist die kälteste unter den benutzten Quellen Gasteins, Nr. 3, die an Emanation reichste, während die heißeste[1]), Nr. 14, unter den Thermen an vorletzter Stelle steht. Noch ausgesprochener findet sich dieser Gang im Quellengebiet von Karlsbad. Sieht man dort von den schlecht gefaßten, sicher mit Tagwasser versetzten Quellen Nr. 36, 37, 40 ab, so erkennt man, daß unter den der eigentlichen Thermenlinie angehörigen Wässern die kälteren Thermen die gehaltreicheren sind. Besonders auffallend ist aber die starke Aktivität der im Karlsbader Thermalgebiet entspringenden kalten, eisenhaltigen Quellen Nr. 24, 27 und 28.

Es liegt nahe, diese Erscheinung in dem Sinne zu deuten, daß die Absorptionsfähigkeit des Wassers für radioaktive Emanation wie für jedes andere Gas mit steigender Temperatur abnimmt.

Mit dieser Vorstellung findet sich im Einklang, daß in gasarmen Quellen das Quellgas in gleichem Volumen viel mehr an Emanation enthält, als das Wasser, aus dem es aufsteigt und daß dieser Unterschied um so größer ist, je höher die Temperatur der Thermalquelle liegt.

In gasarmen Quellen kann man nämlich annehmen, daß für Gas und Wasser in bezug auf den Emanationsgehalt der Gleichgewichtszustand erreicht ist und daß das Verhältnis zwischen der in der Volumeinheit Wasser enthaltenen Emanationsmenge und der in der Volumeinheit Gas enthaltenen den Absorptionskoeffizienten des Wassers für die Emanation bei der Temperatur der Quelle im Sinne des Henry-Daltonschen Gesetzes darstellt.

Bildet man für die gasarmen Quellen von Gastein, Teplitz, Baden, Vöslau und Fischau dieses charakteristische Verhältnis α, so gelangt man zu der folgenden kleinen Tabelle.

A. Gasarme Quellen.

Ort	Quelle	α	Temperat. in Grad Celsius
Gastein	Elisabethstollen	0,18*	46,1
„	Grabenbäckerquelle . . .	0,27*	36,3
Teplitz	Urquelle	0,23*	45.9
Baden	Ursprung	0,24	34.1
„	Ferdinandsbad	0,22	30,2
„	Johannesbad	0,27	30,0
Vöslau	Hauptquelle	0,27	23,3
„	Vollbadquelle	0,28	23,1
Fischau	Herrenbadquelle	0,26	18,5

*) Zum Auffangen des Gases war längere Zeit (zirka 1 Tag, bei der Grabenbäckerquelle 2 Tage) nötig; Zeitkorrektur ist an diesen Werten nicht angebracht, daher die Angaben als etwas zu groß zu gelten haben.

R. Hofmann hat im hiesigen physikalischen Institute den Absorptionskoeffizienten des Wassers für Radiumemanation in seiner Ab-

1) Die Temperatur der beiden Zuflüsse dieser Quelle beträgt am Ursprung 47,4 bezw. 47,2.

hängigkeit von der Temperatur untersucht und erhielt für 0,20, 40 und 60° C beziehungsweise die Werte 0,52, 0,27$_5$, 0,16 und 0,12. Man erkennt durch Vergleich mit diesen Zahlen, daß dort, wo Gase nur spärlich auftreten, die Werte des Verhältnisses a sich mit den theoretischen in Einklang bringen lassen.

Anders liegen aber die Verhältnisse bei denjenigen Quellen, wo sehr große Mengen freien Gases aufsteigen, wie dies in Karlsbad, Marienbad und Franzensbad der Fall ist. Hier ist im voraus nicht zu erwarten, daß Gas und Wasser sich im Emanationsgleichgewicht befinden, was durch die abnorm hohen Werte des Verhältnisses a bestätigt wird, die man aus der folgenden Tabelle entnehmen kann.

B. Gasreiche Quellen.

Ort	Quelle	a	Temp. in Grad Celsius
Karlsbad	Mühlbrunnen	0,33	39,2
„	Schloßbrunnen	0,34	30,2
„	Bernhardsbrunnen	0,40	61,1
Marienbad	Waldquelle	0,42	7,0
„	Kreuzbrunnen	0,51	7,5
„	Ambrosiusbrunnen	1,02	7,8
Franzensb.	Loimannsquelle	1,4	
„	Kalter Sprudel	1,6	ca. 10
„	Natalienquelle	2,0	

Dies spricht dafür, daß hier das Gas erst in den höheren Partien des Quellkanals in das emanationshaltige Wasser akzessorisch eintritt oder daß es unter dem Druck in der Tiefe in das Wasser eingepreßt, erst bei Entspannung der Quelle in den höheren Lagen frei wird.

Ein Zusammenhang der Größe des Emanationsgehaltes der Quellen mit dem geologischen Aufbau des betreffenden Thermalgebietes läßt sich für die meisten Orte vermuten. Wir verweisen diesbezüglich auf die eingangs zitierten Arbeiten. Dort finden sich auch alle nötigen Details über den genauen Ort und die Zeit der Entnahme der einzelnen Proben, welche in erster Linie beabsichtigen, die Feststellung einer eventuellen Veränderlichkeit in der Emanationsführung der Quellen zu ermöglichen. Es ist zumindest bei allen vor dem Einsickern von Tagwässern nicht völlig geschützten Tiefquellen ein Einfluß der Jahreszeit vorauszusehen, desgleichen bei gasreichen Quellen eine Abhängigkeit vom Barometerstand. Fortlaufende Messungen, welche über diese Fragen Aufschluß zu geben versprechen, sind auf unsere Anregung hin in Marienbad und Teplitz-Schönau im Gange und werden demnächst auch in Baden in Angriff genommen werden.

Zur Entscheidung der Frage nach der radioaktiven Substanz, auf welche die in den untersuchten Quellen enthaltenen Emanationen zurückzuführen sind, war es nötig, das zeitliche Absinken des durch die Emanation im luftdicht geschlossenen Apparate unterhaltenen Sättigungsstromes zu verfolgen. Aus dem gleichen Grunde wurde auch stets das Abklingen der durch die Quellemanationen induzierten Aktivitäten eingehend untersucht. Hier kann ja vor allem mit Rücksicht auf das so außerordentlich charakteristische Verhalten der Radiuminduktion in einer eventuellen Parallelität ein gewichtiges Beweismittel für die Gleichheit der fraglichen Quellemanationen mit Radiumemanation gesehen werden. Es sei gleich erwähnt, daß sowohl die Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation, wie die der induzierten Aktivitäten sich tatsächlich für alle von uns untersuchten Quellen in vollkommenster Weise mit derjenigen der betreffenden Radiumprodukte deckten. Dabei darf freilich nicht übersehen werden, daß bei dem von uns geübten Verfahren, wo doch selbst im günstigsten Fall von der Entnahme der Probe bis zur Messung einige Minuten verstreichen müssen, im voraus nur langlebige Emanationen nachzuweisen sind. Thor- und Aktiniumemanation, wenn nicht in außerordentlichen Mengen vorhanden, konnten uns sehr wohl entgehen. Allerdings sei hier anticipando nachdrücklich darauf hingewiesen, daß auch die von den Quellsedimenten direkt im Apparate entwickelten Emanationen und Induktionen qualitativ und quantitativ ausschließlich das Verhalten von Radiumemanation bezw. -Induktion zeigten, so daß es als wahrscheinlich gelten kann, daß auch im Wasser der untersuchten Quellen kein anderes radioaktives Produkt nachzuweisen ist.

Der Zerfall der Emanation erfolgte überall in exaktester Weise nach dem bekannten logarithmischen Gesetze $\mathcal{J}_t = \mathcal{J}_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ und lieferte für τ und die Halbierungskonstante Werte, die der folgenden Zusammenstellung entnommen werden mögen:

	τ in Sekunden	Halbierungskonstante in Tagen
Gastein [4][1])	$4{,}83 \cdot 10^5$	3,88
Karlsbad [2]	$4{,}92 \cdot 10^5$	3,95
Marienbad [1]	$4{,}76 \cdot 10^5$	3,82
Baden [2]	$4{,}81 \cdot 10^5$	3,86
Vöslau [2]	$5{,}01 \cdot 10^5$	4,02
Fischau [1]	$4{,}76 \cdot 10^5$	3,82
Mittel:	$4{,}85 \cdot 10^5$	3,89

P. Curie fand für Radiumemanation die Halbierungskonstante gleich 3,99, E. Rutherford gleich 3,71 Tage. Der Mittelwert aus unseren Resultaten 3,89 fällt zwischen diese beiden Angaben.

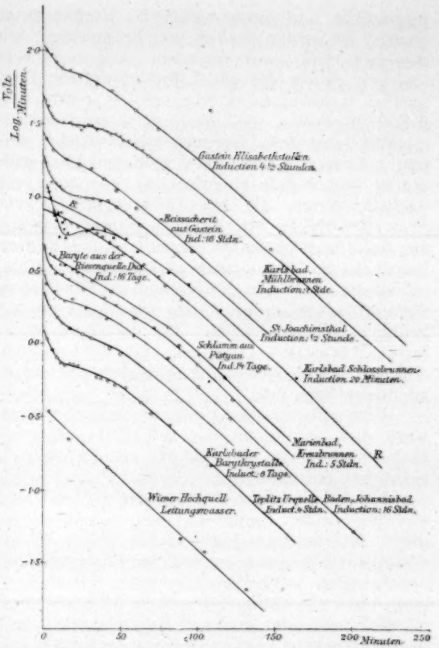
1) Die in Klammer gesetzte Zahl bedeutet die Anzahl der über rund je 10 Tage erstreckten Messungsreihen.

Es sei hier erwähnt, daß wir in zwei Messungsreihen für Teplitzer und Franzensbader Quellemanation die auffallend tiefen Werte 3,68 und 3,57 Tage erhielten. Wir können diese Zahlen nicht im Sinne eines reellen Unterschiedes deuten. Bei der Empfindlichkeit des Resultates gegen kleine Undichtigkeiten im Apparate wird man sie wohl eher diesen zur Last legen müssen. Auf Grund unserer diesbezüglich gemachten Erfahrungen sind wir sogar geneigt, die von manchen anderen Autoren für Quellemanation gefundenen niedrigen Werte (Adams 3,41, Blanc 3,2 Tage) eher derartigen Mängeln in der Versuchsanordnung zuzuschreiben, als hieraus auf das Vorhandensein von Emanationen zu schließen, die von Radiumemanation spezifisch verschieden sind.

Die Beobachtung der induzierten Aktivitäten erfolgte in einfacher Weise derart, daß man die aus dem Quellwasser extrahierte oder die sich aus dem Sediment entwickelnde Emanation durch längere Zeit auf die Wände des Apparates und des Elektroskops einwirken ließ, dann den Glassturz abhob und lüftete (eventuell das Sediment entfernte), worauf nach Wiederzusammensetzen des Apparates das Abklingen beobachtet werden konnte. Von der Konzentration der induzierten Substanz auf bestimmten Flächen durch Erzeugen eines starken Feldes nahmen wir Abstand. In der Figur finden sich derart erhaltene Abklingungskurven wiedergegeben, und zwar sind die Logarithmen der Volt pro Minute eingetragen. Die Art der Probe, wie auch die Dauer der Exposition ist an jeder Kurve vermerkt.

Im allgemeinen sieht man zunächst, daß, abgesehen von dem durch die Dauer der Exposition beeinflußbaren anfänglichen Verlauf, der Charakter der Kurven für alle untersuchten Proben ganz identisch ist. Speziell schließt sich der nach dem Ablauf von einer Stunde erreichte Gang der Entaktivierung bereits ganz dem von Curie und Danne für Radiuminduktion gegebenen Gesetz an, wie dies durch direkten Vergleich mit dem Gange der Kurve R erhellt, welche nach dieser Formel konstruiert ist.

Aber auch der Verlauf im ersten Teile der Kurven bis zu einer Stunde zeigt ganz das Verhalten, welches bei durch Radiumemanation induzierten Körpern beobachtet wird. Auf das rasche Absinken in den ersten 10 Minuten folgt ein Stadium verlangsamten Abfalls, das sich besonders bei kurzer Exposition ausprägt (vgl. Joachimsthal) und bei sehr langer Expositionsdauer verschwindet (vergl. Baryte aus der Riesenquelle). Sehr auffallend ist bei ganz kurzer Beeinflussung das sprunghafte Verhalten zwischen etwa 10 und 25 Minuten, wie es sich in den Punkten der Kurve Karlsbad-Schloßbrunnen findet, das durchaus nicht Beobachtungsfehlern zur Last gelegt werden kann. Auf Schwankungen der radioaktiven Umwandlung im Sinne der in den Lütticher Berichten erscheinenden Arbeit E. v. Schweidlers können diese Unregelmäßigkeiten nicht zurückgeführt werden, da sie hierfür zu groß sind.



Die Frage, ob im Wasser der Quellen radioaktive Substanz selbst gelöst ist, läßt sich dadurch entscheiden, daß man eine größere Partie Quellwasser durch Auspumpen oder Auskochen von der Emanation befreit und nach längerem Stehen in hermetisch geschlossener Flasche neuerdings auf Emanationsgehalt untersucht. Spuren eines derartigen Regenerierungsvermögens für Emanation zeigen wohl alle Wässer. So bewirkte die Durchlüftung von 8 Litern Gasteiner Thermalwasser, das nach dem Auskochen durch 14 Tage gestanden war, im Apparat eine Steigerung des Spannungsverlustes von 0,50 auf 0,58 Volt pro Minute. Noch ausgesprochener läßt sich diese Erscheinung am Wasser des Karlsbader Sprudels beobachten.[1])

Es wurde eine Partie Sprudelwasser durch 23 Tage stehen gelassen, eine zweite Partie

1) E. Dorn hat hier aus dem verlangsamten Abklingen der Emanation innerhalb des Sprudelwassers auf ein bedeutendes Regenerierungsvermögen geschlossen.

abgekocht und nach 14tägigem Stehen untersucht. In beiden Proben war Emanation nachzuweisen und zwar war der Sättigungsstrom, welcher durch die im Liter enthaltene Emanation unterhalten wurde, gleich $0{,}065 \cdot 10^{-3}$ E.S.E.

Wie aus dem folgenden hervorgeht, wird von 1 Gramm vollkommen gelöstem Uranpecherz in langer Zeit eine Emanationsmenge entwickelt, durch die ein Sättigungsstrom von $714 \cdot 10^{-3}$ E.S.E. erzielt wird. Nimmt man also an, daß die Karlsbader Emanation von Radium herrührt, so kann man aus diesen Zahlen schließen, daß der Radiumgehalt von 110 hl Sprudelwasser so groß ist, wie der von 1 g Pecherz. Da nun diese 110 hl rund 60 kg festen Rückstand geben, so ist es erklärlich, daß am Sprudelsalz keine radioaktive Strahlung zu beobachten ist.

Weit erfolgreicher gestaltet sich der Nachweis, daß das Quellwasser radioaktive Substanz enthält, dort, wo es gelingt, ein radioaktives Sediment aufzufinden.

Wir haben uns bei der quantitativen Untersuchung dieser Sedimente einer Methode bedient, welche von der üblichen durch Elster und Geitel gegebenen, auf Strahlungsmessung beruhenden, wesentlich abweicht. Die Strahlungsmessung radiumhaltiger Substanzen kann nämlich, von allen anderen Mängeln abgesehen, in den meisten Fällen schon deswegen kein Maß für den Gehalt an Radium liefern, weil noch gleichzeitig in der Probe andere aktive Substanzen vorhanden sein können. Außerdem ist sie an sehr schwachem, wie auch an sehr starkem Material schwer ausführbar. Es ist nun aber naheliegend, die durch die Zerfallstheorie wohlbegründete Proportionalität zwischen der entwickelten Emanationsmenge und dem Radiumgehalt zur Bestimmung des letzteren zu verwenden. Man hat hierbei den Vorteil, Radium auch in Proben quantitativ bestimmen zu können, die außerdem Thor oder Aktinium enthalten, da deren kurzlebige Emanationen die Messung nicht stören. Das Prinzip der Methode besteht darin, daß man die zu untersuchende Substanz durch längere Zeit in einem abgeschlossenen Raume beläßt und die durch sie in dieser Zeit entwickelte Emanationsmenge durch den Sättigungsstrom mißt. Dies geschieht entweder in der Weise, daß man die Probe, falls sie in fester Form untersucht werden soll, direkt in den Meßraum einführt oder falls sie durch Aufschluß in Lösung gebracht wurde, die Lösung durch bestimmte Zeit in luftdicht geschlossener Flasche stehen läßt und dann die angereicherte Emanation wie oben mittels Durchquirlens in den Meßraum überführt.

Es bezeichne ε die zu einer beliebigen Zeit vorhandene Emanationsmenge, q die Menge, welche pro Zeiteinheit von der radiumhaltigen Substanz erzeugt wird und es sei wieder $\tau = \frac{1}{\lambda}$ die „Relaxationszeit" der Emanation. Es gilt dann für ε die Differentialgleichung:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = q - \lambda\varepsilon.$$

Daraus folgt durch Integration $q - \lambda\varepsilon = Ae^{-\lambda t}$, worin A durch die Gleichung $A = q - \lambda\varepsilon_0$ bestimmt ist, falls man mit ε_0 den Emanationsgehalt zurzeit $t = 0$ bezeichnet. Für den Spezialfall, daß $\varepsilon_0 = 0$ ist, erhält man

$$\varepsilon = \frac{q}{\lambda}\,(1 - e^{-\lambda t})$$

und somit für den stationären Endwert, der asymptotisch nach unendlich langer Zeit erreicht wird,

$$\varepsilon_\infty = \frac{q}{\lambda} = q\tau.$$

Diese Formel wurde von E. Rutherford abgeleitet[1]) und von diesem Autor, sowie von F. Soddy[2]) experimentell geprüft. Hierdurch wurde gezeigt, daß die Emanationsproduktion q eines gegebenen Präparates wirklich konstant ist. Auch hat bereits B. B. Boltwood[3]) im Sinne des auseinandergesetzten Verfahrens die Größe q für eine Reihe uranhaltiger Mineralien bestimmt, leider nicht in absolutem Maße.

Das Verfahren ist nur einwandfrei, wenn die Strahlung des momentan vorhandenen Emanationsgehaltes ε vollkommen bei der Messung ausgenützt wird. Das ist nicht mehr der Fall, wenn ein beträchtlicher Teil der Emanation in der zu untersuchenden Substanz okkludiert bleibt, was insbesondere bei massiven Stücken geschieht, aber auch bei Pulvern, infolge ihres unerwartet hohen Absorptionskoeffizienten, auftritt. Völlig korrekt gestalten sich die Messungen nur, wenn man die Proben in Form von klaren Lösungen verwendet. Hier hat der Absorptionskoeffizient bekannte geringe Werte und es ist durch den vollkommenen Aufschluß auch die vollkommene Ausnützung der vorhandenen Emanation gesichert.

Wenn wir demnach im folgenden auch einige Angaben für nicht aufgeschlossene Substanzen machen, so haben diese Zahlen nur die Bedeutung einer rohen Annäherung und sichern nur die Größenordnung des bei Aufschluß zu erwartenden Effektes.

Bei der Messung ist natürlich wieder wie oben der auf die induzierte Aktivität entfallende Teilbetrag zu korrigieren, ferner bei Lösungen der außerhalb des Meßraumes und in der Lösung zurückbleibende Teil der Emanation.

1) Radioactivity, p. 183, Cambridge 1904.
2) Phil. Mag. (6) **5**, 450, 1903.
3) Nature **70**, 80, 1904; Phil. Mag. April 1905.

Bei festen Körpern, die man direkt in den Meßraum einführt, ist die Strahlung der untersuchten Substanz vom Gesamteffekt abzuziehen.

Untersucht wurden: Reißacherit (Gastein), Barytkristalle (Karlsbad und Riesenquelle bei Dux), Schlamm (Pistyan und Baden), ferner zum Vergleich Pecherz aus St. Joachimsthal und Fango aus Battaglia. Zur näheren Orientierung über die Art der verwendeten Proben sei hier folgendes bemerkt:

Reißacherit, eine Art Braunstein (Manganoxyd, Eisenoxyd, kohlensaurer Kalk, Barium und Strontium) findet sich in den Quellwegen der Thermen von Gastein als eine auf verschiedenen Materialien (Gneis, Quarz, Sinter, Sand usw.) aufgesetzte braune bis schwarze, gewöhnlich sehr dünne Kruste. Es zeigt sich, daß, obgleich die Krusten auch im gleichen Stollen sehr verschiedene Werte der Aktivität aufweisen, ein Gang mit der Temperatur des Quellwassers, aus dem das Sediment ausfällt, angenommen werden darf, in dem die heißesten Quellen Nr. 14, 10, 7, 4 aktivere — zugleich dunkler gefärbte — Sedimente liefern als die kühleren. In größerer Menge — eine mehrere Fuß breite Gneisspalte ausfüllend — wurde dieses Schlammmineral im Jahre 1856 bei einem Aufschließbau (Franz Josefs-Stollen) gefunden und nahm von da seinen Weg in verschiedene öffentliche und private Sammlungen. Das Mineral bringt Sidotblende zum Szintillieren, wirkt stark auf photographische Platten, ist α und β strahlend (die β-Strahlung beteiligt sich mit ungefähr 10 Proz. an der Gesamtstrahlung) und besitzt eine Strahlungsaktivität, die, wie erwähnt, von Probe zu Probe stark verschieden ist und auf gleiche Oberflächen bezogen bis zu 3,9 Uranylnitrat beträgt, so daß sie bisweilen die von metallischem Uran übertrifft. Da aber die Dicke dieser aktivsten Krusten sehr gering ist und das zum Vergleich benutzte Uranylnitrat in einer Schichtdicke von 8 mm verwendet wurde, so ist die gegebene Zahl gewiß noch zu klein. Die hier zur quantitativen Radiumgehaltsbestimmung verwendete Probe stammte von dem Funde im Jahre 1856. Wie alle Proben dieser Provenienz zeigte auch sie das relativ sehr geringe Strahlungsvermögen von 0,05 Uranylnitrat. Es ist dies nicht dahin zu deuten, daß innerhalb des Zeitraumes von etwa 50 Jahren, die seit der Entnahme der Probe verstrichen sind, ein Absinken der Aktivität des Materials stattgefunden hat; vielmehr kann man sich leicht überzeugen, daß auch jetzt Reißacherit aus der unmittelbaren Umgebung der damaligen Fundstelle geringe Aktivität aufweist. Läßt man die Strahlungsintensität als ungefähres Maß des Radiumgehaltes gelten, d. h. schließt man, daß in den aktivsten Proben der Gehalt an Radium etwa 80 mal so groß ist, wie in der hier untersuchten, so kommt man an Hand der weiter untenstehenden Tabelle zu dem Resultate, daß im Gasteiner Reißacherit das Radium stellenweise in der größten natürlichen bisher bekannten Konzentration auftritt. Erwähnt sei noch, daß der Aufschluß durch kalte Salzsäure erfolgte, in der sich das Mineral vollkommen löst und daß Uran weder in ihm nachgewiesen werden kann, noch auch bisher in irgendeinem Mineral aus der Umgebung Gasteins gefunden wurde.

Radioaktive Baryte wurden in den thermalen Quellspalten Karlsbads durch J. Knett entdeckt.[1]) Seiner Freundlichkeit verdanken wir die von uns benutzte Durchschnittsprobe. Sie zeigt ein relativ hohes Strahlungsvermögen bei geringer Fähigkeit, Emanation abzugeben. Das deutet darauf hin, daß hier der größte Teil der Emanation innerhalb der Kristalle verbleibt. Da ein Aufschluß des Minerals unterblieb, ist die gegebene Zahl jedenfalls um vieles zu klein.

Die Baryte in der Riesenquelle bei Dux traten zutage, als hier das Niveau zugleich mit dem der Teplitzer Quellen im Jahre 1879 infolge eines Wassereinbruches beim Döllingerschacht des Duxer Kohlenbergbaurevieres sank. Man fand damals Kristalle von einigen Zentimetern Seitenlänge. Verwendet wurde — ohne weiteren Aufschluß — eine größere Druse, die trotz eines sehr geringen Strahlungsvermögens in der Fähigkeit, Emanation abzugeben, die Karlsbader Baryte bedeutend übertraf.

Der Schlamm aus Pistyan und Baden wurde an der Luft getrocknet und fein zerrieben, desgleichen der zum Vergleich herangezogene Fango aus Battaglia. Eine Behandlung mit kochender Salzsäure, welcher Fango unterzogen wurde[2]), scheint nur einen sehr kleinen Teil der radioaktiven Substanz in Lösung gebracht zu haben.

Das untersuchte Pecherz wurde vollkommen gelöst und zwar wurde die salzsaure Lösung, welche den größten Teil des Radiums enthält, sowie die alkalische Lauge, welche beim Rösten des Erzes mit Alkali erhalten wird, getrennt untersucht und die in ihnen entwickelten Emanationsmengen addiert. Mit einer zweiten Probe schlugen wir ein von dem üblichen etwas abweichendes Aufschlußverfahren ein. Hier wurde das Erz zunächst mit Königswasser gekocht, der Rückstand mit Alkali geschmolzen, mit heißem Wasser aufgenommen und der Rest in verdünnter Salpetersäure gelöst. Diese dritte Lösung enthält dann den größten Teil des Radiums.

Endlich findet sich unten noch eine Angabe für rohes Radiumchlorid. Nach einer freundlichen

1) Wiener Ber. **113**, 753, 1904.
2) Vgl. Elster u. Geitel, diese Zeitschr. **5**, 11, 1904.

Mitteilung der Herren L. Haitinger und C. Ulrich liefern 1000 kg Pecherzrückstände etwa 2 kg dieses Ausgangsmaterials für die Radiumgewinnung.[1])

Die folgende Tabelle enthält die Resultate. In ihr bedeuten die unter a gegebenen Zahlen die Größe $\frac{q}{m}$. Hierbei ist q gemessen durch den Sättigungsstrom in elektrostatischen Einheiten pro Sekunde. m ist das Gewicht der Probe in Gramm. Es bedeutet also a den Sättigungsstrom, den die von einem Gramm Substanz in einer Sekunde entwickelte Emanation unterhalten kann, ausgedrückt in elektrostatischen Einheiten. Der Bequemlichkeit halber sind die Zahlen noch mit 10^{10} multipliziert. Für τ wurde der Curiesche Wert $\tau = 4{,}97 \cdot 10^5$ Sekunden eingeführt.

Art der Probe		$a \cdot 10^{10}$ in E.S.E.	Strahlung f. Uranylnitrat = 1
Rohes Radiumchlorid	Lösung	2640000	—
Pecherz	Lösung	14350	10,0
Pecherzschlich	grobes Pulver	266	
Pecherz	massiv	34,7	
Pecherzrückstand	fein gemahlen	1250	14,8
Reißacherit	Lösung	289	0,05
Reißacherit	Pulver	99	
Baryte aus der Riesenquelle	Kristalldruse	5,0	sehr klein
Baryte aus Karlsbad	klein. Kristalle	1,3	0,81
Schlamm aus Pistyan	gepulvert	0,25	sehr klein
Fango aus Battaglia	„	0,24	
Schlamm aus Baden	„	0,10	

Gelegentlich erwähnen P. Curie und A. Laborde[2]), daß die aus einem Milligramm reinem Radiumbromid in 19,7 Minuten entwickelte Emanation einen Sättigungsstrom von $720 \cdot 10^{-3}$ elektrostatischen Einheiten liefert. Hieraus berechnet man für 1 g Radiumbromid $a = 0{,}61$. W. Duane[3]) findet neuerdings für Curiesches Präparat $a = 0{,}63$. Hält man diese Zahlen mit der von uns für Pecherzlösung gewonnenen zusammen, so kommt man zu dem überraschenden Resultate, daß schon 430 kg Pecherz bei völliger Ausbeutung zur Darstellung von 1 g reinen Radiumbromids genügen müßten. Dieses Resultat bleibt auch bestehen, wenn man sich auf den für Rohchlorid erhaltenen Wert bezieht. Da, wie oben erwähnt, 1000 kg Rückstände 2 kg Rohchlorid liefern, so müßte, wenn man den Radiumgehalt der Rückstände auch nur gleich dem des Pecherzes setzt, bei quantitativer Ausbeute fast die dreifache Menge an Radium im Chloride vorhanden sein. Es ist hier nicht der Ort, auf diese der Klärung bedürftige Tatsache näher einzugehen und wir behalten uns vor, darauf an anderer Stelle zurückzukommen.

Die Zahl der auf dem vorbehandelten Gebiete erschienenen Arbeiten ist wegen der für Radiumemanation supponierten Heilwirkung und des dadurch bedingten allgemeinen Interesses sehr groß geworden. Leider wurden jedoch außer in der ersten Mitteilung Curies und Labordes und einigen Veröffentlichungen v. d. Bornes bisher absolute und untereinander vergleichbare Angaben nicht gemacht. Die Bestimmung der Kapazität der Anordnung sowie das Anbringen der nötigen eingangs beschriebenen Korrekturen lassen sich jedoch mit so geringer Mühe bewerkstelligen, daß deren allgemeine Durchführung im Interesse der Sache zu erhoffen wäre.

Wien, Physikalisches Institut der Universität, 18. Juli 1905.

(Eingegangen 10. September 1905.)

1) Strahlungsintensität zirka 300mal so groß wie die von Uran. Curies erhielten pro Tonne etwa 8 kg Rohmaterial mit der Strahlungsintensität 60.

2) C. R. **138**, 1150, 1904.

3) C. R. **140**, 582, 1905.

H. Sieveking (Karlsruhe), Über einen neuen Apparat zur Bestimmung der Radioaktivität der Thermalquellen.

Als Prof. Engler und ich die Radioaktivität der Thermalquellen von Baden-Baden ihrem Betrage und ihrer Natur nach untersuchten, bedienten wir uns bei den ersten Beobachtungen der bekannten Methode von Himstedt[1]), d. h. der Zirkulationsmethode.

Da wir aber auch mit der Untersuchung der übrigen Thermalquellen des Großherzogtums betraut waren, haben wir einen Apparat[2]) ersonnen, welcher einfacher und vor allen Dingen leichter zu transportieren und aufzustellen ist.

Die Zirkulationsmethode erfordert nämlich beim Transport des Apparates viel Gepäck und zur Aufstellung und Inbetriebsetzung eine Wasserleitung oder eine elektrische Leitung.

Zur Vermeidung der Schwierigkeiten in dieser Hinsicht könnte man das Wasser der Quelle zur Untersuchung in das Laboratorium schaffen lassen. Wenn man indessen sehr genaue Messungen zu erhalten wünscht, so wird man dieselben stets an der Quelle selbst anstellen müssen, da ja die Emanation schnell schwächer wird.

Auch wird die Vergleichung der von anderen Beobachtern gefundenen Resultate durch die große Verschiedenheit der Teile erschwert, aus denen der Apparat sich zusammensetzt.

Wir sind der Meinung, daß der einfachere Apparat, welchen wir im folgenden beschreiben möchten, von den Nachteilen frei ist, welche der frühere Zirkulationsapparat aufweist.

Das neue Verfahren zur Messung der Ak-

1) s. a. Thomson.

2) Siehe Vortrag in Ztschr. f. Elektrochemie No. 43 (1905), Versammlung d. D. Bunsen-Gesellschaft am 2. Juni 1905.

tivität einer radioaktiven Substanz besteht darin, daß man in einem geschlossenen Gefäß aus Messing bekannte Mengen Wasser und Gas heftig schüttelt, um sie so in innige Berührung miteinander zu bringen. Es stellt sich dann in kurzer Zeit zwischen den drei Komponenten — Emanation, Gas und Wasser — ein Gleichgewichtszustand her, und es erübrigt nur noch, die Leitfähigkeit des geschüttelten Gases mittels eines im Innern des Gefäßes an einem Metalldraht aufgehängten und mit einem außerhalb des Apparates befindlichen Elektroskop verbundenen Zerstreuungskörpers zu bestimmen.

Figur 1 zeigt den Apparat, welchen wir „Fontaktoskop" genannt haben, in seinen konstruktiven Einzelheiten.

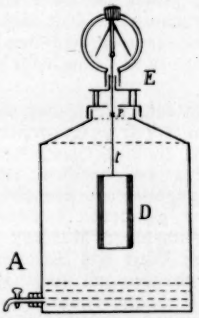


Fig. 1.

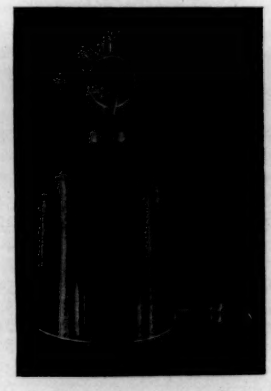


Fig. 2.

Wie man sieht, besteht das Instrument aus einem zylindrischen Gefäß A von 22 cm Durchmesser und 26 cm Höhe.

Der Zylinder läuft oben in einen abgestumpften Kegel von 3 cm Höhe aus, welcher durch einen Deckel von 6 cm innerem Durchmesser, 1,6 cm Höhe und 0,1 cm Stärke verschlossen werden kann. In der Mitte dieses Deckels befindet sich ein kreisrundes Loch von 0,4 cm Durchmesser. Auf diesen Deckel setzt man ein Elektroskop E, welches ein wenig von dem von Exner konstruierten und von Elster und Geitel verbesserten abweicht. Der vertikale Stiel mit den beiden Aluminiumblättchen hängt nämlich oben in einem isolierenden Bernsteinstopfen und trägt unten den kleinen Draht t, welcher durch das Loch im Deckel hindurchtritt, und an welchem der Zerstreuungskörper D mittels Bajonettverbindung aufgehängt ist.

Das Elektroskop kann leicht neben dem Apparat aufgestellt werden, wenn man den Zerstreuungskörper abnimmt.

Der Gang der Messung verläuft nun folgendermaßen:

Man gießt ein bis zwei Liter destillierten und indifferenten Wassers in das Gefäß, verschließt den Zylinder luftdicht durch einen Kautschukpfropfen und schüttelt eine halbe Minute lang mäßig. Wenn das Wasser von dem oberen Teil des Gefäßes abgetropft ist, befestigt man den Zerstreuungskörper am Elektroskop und taucht ihn in das Innere des Apparates ein. Dann lädt man das isolierte System durch Berührung des kleinen Drahtes t mit einer geriebenen Ebonitstange. Darauf stellt man den normalen Potentialabfall des Apparates fest. Derselbe beträgt bei dem von uns benutzten Apparat (Kapazität = 13,6 cm, Potential = 200 bis 300 V) ungefähr 30 V in der Stunde. Die Messung der Radioaktivität einer Thermalquelle erfolgt in analoger Weise.

Als Einheit nimmt man den Potentialabfall, welchen die in einem Liter Wasser enthaltene Emanation in einer Stunde hervorruft.

Zur Ausführung sehr genauer Messungen läßt man das Wasser unter Anwendung eines Kautschukgebläses aus einer Meßflasche in den Zylinder übertreten. Auf diese Weise gelingt es, jeden Verlust an Emanation zu vermeiden.

Wenn man sehr stark aktive Quellen untersucht, und wenn es nur auf relative Messungen ankommt, genügt es, das Wasser vorsichtig in den Zylinder zu gießen.

Den Wert der für die im Wasser verbliebene Emanation erforderlichen Korrektion berechnet man auf Grund des Absorptionskoeffizienten (0,33 für gleiche Volumina Gas und Wasser bei gewöhnlicher Temperatur) nach den von von Traubenberg ausgeführten und von Mache bestätigten Bestimmungen. Man kann auch das Wasser aus dem ersten Gefäß durch einen

Hahn r in ein gleiches Gefäß laufen lassen und die Emanation für sich allein messen.

Man kann, ohne den das Gefäß oben verschließenden Stopfen zu lüften, durch den Hahn r eine Wassermenge austreten lassen, welche dem entstehenden Überdruck entspricht, wenn man Wasser schüttelt, welches viel Gas, besonders Kohlensäure enthält.

Die durch den Austritt der Wassermenge wie durch die infolge der Einführung des Zerstreuungskörpers verdrängte Luft notwendig werdenden Korrektionsgrößen lassen sich leicht auswerten.

Zur Messung der Radioaktivität schwacher Quellen verwende man 2 Liter Wasser, zur Messung starker Quellen $^1/_2$ oder $^1/_4$ Liter.

Will man eine genaue Messung ausführen, so darf man über einen Potentialabfall von 4000 V. in der Stunde nicht hinausgehen, da andernfalls die Ablesung wegen der zu schnellen Konvergenz der Aluminiumblättchen schwierig werden würde.

Will man stets mit derselben Wassermenge arbeiten, so füge man so viel destilliertes Wasser hinzu, bis man die gewollte Menge, beispielsweise 1 Liter, hat.

Unsere diesbezüglichen Kontrollmessungen haben eine hinreichende Übereinstimmung für alle Fälle ergeben, wo es nur auf relative Zahlen ankommt.

Man kann die erhaltenen Zahlen direkt als Werte für die Größe der Radioaktivität gelten lassen; man muß jedoch rasch arbeiten, und der Versuch darf nur wenige Minuten dauern.

Für genaue Messungen wird man eine Korrektion zu berücksichtigen haben, welche wegen der induzierten Aktivität erforderlich wird und sich nach der von Mache beschriebenen Methode bestimmen läßt, nämlich durch Beobachtung der Abnahme der induzierten Strahlung und durch Extrapolation für die Zeit der Messung.

Um das aktive Gas zu vertreiben, genügt es schon, das Gefäß unmittelbar nach der letzten Ablesung mit indifferentem Wasser zu füllen, es zu leeren und nach Verlauf von 15 Minuten die Aktivität zu bestimmen. Für diesen Zeitpunkt muß man von neuem extrapolieren.

Wir haben indessen gefunden, daß es auch möglich ist, bei genauen Messungen diese ziemlich mühselige und besonders sehr zeitraubende Korrektion zu vermeiden; mit einiger Übung und Geschicklichkeit kann man es nämlich dahin bringen, die für eine derartige Messung erforderliche Zeit hinreichend abzukürzen, so daß man den Wert der induzierten Aktivität vernachlässigen kann, wie ein Blick auf die folgende Tabelle zeigen wird:

Tabelle I.

Friedrichsquellen	Baden	260	275
Murquelle	„	986	1070
Büttquelle	„	5040	4960
Eisenquelle	Karlsbad	2260	2200
„	„	2120	2140
Rudolfstollen	Bad-Gastein	2740	2710
Grabenbäckerquelle	„	6200	6000
Chorinskiquelle	„	4770	4780

Die Zahlen der ersten Kolumne dieser Tabelle geben die Aktivität nach der ersten Beobachtung wieder, nur nach Abzug des normalen Abfalls, während die Zahlen der zweiten Kolumne die Werte der Aktivität angeben, welche sich aus der letzten von 2 oder 3 Ablesungen ergibt, vermindert um den Betrag des normalen Abfalls und der induzierten Aktivität. Wie man sieht, hält sich die Differenz zwischen zwei korrespondierenden Werten innerhalb der für die Versuchsfehler zulässigen Grenzen.

Es ist nun sehr leicht, den absoluten Wert des von dem Zerstreuungskörper zur inneren Wandung des Gefäßes übergehenden Stromes zu berechnen. Ist nämlich der Abfall in Volt/Stunde gegeben, so braucht man nur die Kapazität des geladenen Systems zu kennen. Nach dem Vorschlage Maches multiplizieren wir noch den Wert des Stromes (in elektrostatischen Einheiten) mit 10^3. Wir geben in der Tabelle II einige Resultate wieder, welche wir mit unserem Apparat bei der Untersuchung der Quellen von Baden-Baden, von Karlsbad und von Bad-Gastein erhalten haben.

Tabelle II.

Name der Quelle			$i \cdot 10^3$
Friedrichsquellen		Baden [1]	6,9 (3,1*)
Murquelle		„	27,3 (24*)
Büttquelle		„	108,8 (82*)
Sprudel		Karlsbad	0,2
Schloßbrunnen		„	8,9
Felsenquelle		„	5,4
Kaiserbrunnen		„	5,1
Eisenquelle		„	54,5
Elisabethquelle	(H)	Bad-Gastein	122,4
„	(S)	„	140,2
„	(N)	„	20,9
Franz Josephstollen	(H)	„	54,6
„	(V)	„	54,6
Chorinskiquelle	(H)	„	121.9
„	(N)	„	85,8
Chirurgenquelle		„	39,6
Rudolfstollen		„	68,8
Grabenbäckerquelle		„	149,—

1) Der Betrag der Aktivität ergibt nicht immer den gleichen Wert. Die letzten Messungen im Juli zeigen eine schwächere Aktivität. Die Werte sind durch Sternchen (*) gekennzeichnet.

Ein ausführlicher Bericht über diesen Gegenstand wird in der Zeitschrift für Elektrochemie erscheinen. Es versteht sich von selbst, daß die mit unserem Apparat bestimmten Werte keine absolute Übereinstimmung, sondern vielmehr eine ziemlich beträchtliche Abweichung zeigen gegenüber den Werten, welche Mache, wir selbst und andere Beobachter mit Hilfe der Zirkulationsmethode gefunden haben. Welche dieser Werte die richtigeren sind, das ist einstweilen, kurz gesagt, noch eine offene Frage, und wir sind gegenwärtig damit beschäftigt, vergleichende Versuche in dieser Richtung anzustellen.

Wir fügen noch hinzu, daß sich die Natur der Strahlung mit unserem Apparat ziemlich genau bestimmen läßt.[1]) Wir haben beispielsweise angenähert die Abklingungskurve für die induzierte Aktivität der Büttquelle in Baden-Baden bestimmt. Fig. 3 zeigt diese Abklingungskurve sowie diejenige des Radiums.

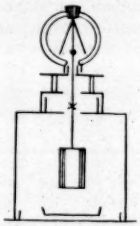


Fig. 3.

Unser ganzer Apparat läßt sich in einem Kasten von 47 cm Länge, 25 cm Höhe und 25 cm Breite transportieren.

Seine Aufstellung ist die denkbar leichteste; es genügt ein Stuhl, ein Stein, oder auch der Erdboden selbst.

Man kann im Verlauf eines Tages bis zu acht Quellen messen; man braucht nur ein oder zwei Reservegefäße zur Verfügung zu haben, damit die bei der Untersuchung einer Quelle induzierte Aktivität sich verlieren kann.

1) Die Firma Günther & Tegetmeyer in Braunschweig hat den Bau unseres Apparates übernommen.

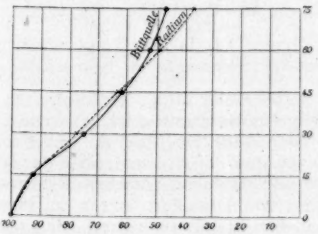


Fig. 4.

Schließlich wollen wir noch hinzufügen, daß man mit unserem Elektroskop die Radioaktivität fester Substanzen messen kann, wenn man den in Fig. 4 wiedergegebenen Apparat benutzt.

Karlsruhe.

Chemisches Laboratorium und Physikalisches Institut der Technischen Hochschule.

(Aus dem Französischen[1]) übersetzt von Max Iklé.)

1) Arch. des sc. phys. et nat. (4) **20**, 159—169, 1905. (Eingegangen 12. September 1905.)

G. A. Blanc (Rom), Über die Natur der radioaktiven Elemente, welche in den Sedimenten der Thermalquellen von Echaillon und von Salins-Moutiers (Savoyen) enthalten sind.

In einer Notiz in der Januarnummer des Philosophical Magazine teilte ich die Wahrnehmung mit, daß die Sedimente gewisser Thermalquellen in Savoyen, besonders derjenigen von Echaillon bei St. Jean de Maurienne und von Salins-Moutiers, die Eigenschaft besäßen, eine radioaktive Emanation auszusenden, welche, ihrem Charakter nach, sich sehr der von den Salzen des Thoriums ausgehenden nähert. Die Aktivität dieser Emanation verschwand nämlich sehr schnell und eine Reihe von Messungen zeigte mir, daß sie in etwa einer Minute auf die Hälfte zurückging. Weiterhin war es möglich, einen Gegenstand dadurch zeitweilig aktiv zu machen, daß man ihn eine gewisse Zeitlang unter einer Glocke ließ, welche einige Hundert Gramm dieser Sedimente enthielt, und zwar war die Aktivierung größer, wenn der betreffende Gegenstand negativ geladen war. Die dergestalt aktivierte Substanz verlor allmählich ihre Eigenschaften, die Aktivität ging in etwa 11 Stunden auf die Hälfte zurück.

Durch Erhitzung eben dieser Sedimente gelang die Abscheidung von Spuren einer Emanation des Radiumtypus, d. h. einer solchen mit einer Lebensdauer von etwa drei Tagen, während die induzierte Aktivität im Verlauf einer halben Stunde auf die Hälfte herabfiel.

Ich gelangte dadurch zu dem Schlusse, daß die fraglichen Sedimente gleichzeitig neben Spuren von Radium, dessen Vorkommen ja in einer großen Zahl von Thermen festgestellt worden ist, auch eine gewisse Menge Thoriumsalze enthalten müßten.

Es war indessen eine bemerkenswerte Tatsache, daß die Menge der entwickelten Emanation auf das Vorhandensein beträchtlicher Mengen Thor hinzuweisen schien, während man bislang niemals das Vorkommen thorhaltiger Mineralien in den Gegenden vermutet hatte, aus welchen diese Sedimente stammten. Man weiß, daß die Menge der von einer bestimm-

ten Gewichtsmenge Thor entwickelten Emanation davon abhängt, in welcher Verbindung sich dieses Metall befindet. Das Hydrat z. B., welches von allen Salzen das größte Emanationsvermögen besitzt, setzt eine mehrere Hundert Mal größere Emanationsmenge in Freiheit als im allgemeinen die übrigen Salze. Selbst unter der Annahme nun, daß das Thorium als Hydrat auftrete, hätte man annehmen müssen, daß dieser Körper drei bis vier Prozent der gesamten Masse der Sedimente bilde.

Zum Schlusse meiner Mitteilung erwähnte ich, daß ich eine Reihe von Versuchen in der Absicht begonnen hatte, die Abscheidung der in den Sedimenten enthaltenen radioaktiven Elemente zu versuchen.

Diese Arbeit wurde mit kleinen Mengen der Materialien begonnen und ergab mir zunächst nur Resultate, auf welche ich endgültige Schlüsse nicht zu gründen wagte. Die Methode bestand darin, das Sediment, welches sich in Gestalt eines ockerartigen Pulvers darbot, mit Königswasser zu behandeln, darauf zur Trockene einzudampfen, um die Kieselsäure unlöslich zu machen, und dann das Ganze wieder mit verdünnter Salzsäure zu behandeln. Durch Filtrieren erhielt ich eine durch Eisenchlorid stark gelb gefärbte Lösung; der unlösliche Niederschlag zeigte sich im allgemeinen nur schwach aktiv. Ich ließ die filtrierte Flüssigkeit eine Zeitlang in einer doppelt durchbohrten Flasche und konnte so durch Schütteln aus derselben Spuren einer Emanation vom Radiumtypus gewinnen. Durch Zusatz einiger Tropfen Schwefelsäure erhielt ich aus dieser Lösung einen leichten Niederschlag mit starker Aktivität, welcher indessen keine Emanation vom Thoriumtypus aussandte. Diese Sulfate zeigten eine Aktivität, welche diejenige einer gleichen Gewichtsmenge Urannitrat um mehrere Hundert Mal übertraf. Sie wiesen ferner eine Eigentümlichkeit auf, welche wohl Erwähnung verdient.

Bekanntlich erlangt ein Radiumsalz, welches aus einer Lösung in den festen Zustand übergeht, seine volle Aktivität erst nach einer gewissen Zeit, ungefähr nach einem Monat. Es rührt dies von dem Umstande her, daß die Emanation, welche nach Maßgabe ihrer Entstehung entweicht, wenn sich das Salz in Lösung befindet, in der Masse okkludiert bleibt, wenn das Salz im festen Zustande ist, wodurch naturgemäß ein allmähliches Anwachsen seiner Aktivität erfolgt. Man erhält einen Zustand radioaktiven Gleichgewichts, wenn die erzeugte Emanationsmenge fortgesetzt genau aufgewogen wird durch die entbundene. Die Sulfate, welche ich nach der soeben beschriebenen Methode erhalten habe, zeigten nun nach ihrer Bereitung nur eine minimale Zunahme der Aktivität, welche in keiner Weise mit der Aktivitätszunahme vergleichbar ist, welche man an den Radiumsalzen beobachtet. Ich habe in dieser Hinsicht feststellen können, daß die Sulfate, welche ich inzwischen mittels Schwefelsäure aus einer kleinen Menge radiumhaltigen Baryumchlorürs erhalten hatte, welche von der Société Centrale des Produits Chimiques de Paris bezogen war, daß diese Sulfate eine Zunahme der Aktivität zeigten, welche unvergleichlich größer war als diejenige, welche ich bei den Produkten aus der salzsauren Lösung der Sedimente von Salins-Moutiers und von Echaillon beobachtete. Ich habe noch zu keinem definitiven Schluß kommen können, aber es scheint mir nicht unwahrscheinlich, daß in diesen Sulfaten neben Radiumspuren eine andere radioaktive Substanz vorhanden ist, deren genaue Natur ich noch nicht habe feststellen können. Ich hoffe, bald zu endgültigen Ergebnissen zu gelangen, und habe bereits eine Reihe von Versuchen unternommen, welche mich, wie ich hoffe, in den Stand setzen werden, definitive Schlußfolgerungen zu ziehen.

Nach Abscheidung der aktiven Sulfate, von denen oben die Rede war, setzte ich der salzsauren Lösung Ammoniak zu und erhielt so einen voluminösen Niederschlag eines Hydrats, welches sich bei gleichem Gewicht im allgemeinen beträchtlich aktiver erwies als das ursprüngliche Sediment. Ich behandelte dieses Hydrat mit Oxalsäure und löste so das gesamte Eisen, worauf ich die unlöslichen Rückstände durch Glühen in Oxyde überführte, endlich behandelte ich dieses Oxyd mit Schwefelsäure, die mit ihrem eigenen Gewicht Wasser verdünnt war. So hatte ich denn einerseits einen unlöslichen Rückstand, welcher noch eine geringe Menge der oben erwähnten Sulfate enthielt, und andererseits eine Lösung, aus welcher ich durch Zusatz von Ammoniak einen Niederschlag von Hydraten gewinnen konnte, deren Aktivität und Emanationsvermögen im allgemeinen größer waren als die einer gleichen Gewichtsmenge Thoriumhydrat. Indessen konnte ich bei der geringen Menge der auf diese Weise erhaltenen Produkte keine größere Konzentration der Aktivität erhalten. Ich hielt mich daher nicht für berechtigt, definitive Schlüsse zu ziehen, bevor ich in der Lage wäre, größere Mengen der Sedimente zu bearbeiten.

In Anbetracht dieser interessanten vorläufigen Ergebnisse wandte ich mich nun an den Maire der Stadt St. Jean de Maurienne und erhielt von ihm die Antwort, daß der Magistrat geneigt sei, die unterirdischen Reservoire der Anstalten von Echaillon leeren zu lassen, um mich in den Stand zu setzen, die größtmögliche Menge des Sediments zu gewinnen. Diese

Arbeit konnte indessen erst gegen das Ende des Frühlings ausgeführt werden.

Inzwischen veröffentlichten die Herren Elster und Geitel eine Arbeit über die Radioaktivität der Sedimente von Baden-Baden und von Bad Nauheim[1]), aus welcher hervorging, daß diese Ablagerungen ein Element enthielten, welches denselben radioaktiven Charakter trägt wie das Thorium, dabei aber, gleiche Gewichtsmengen zugrunde gelegt, eine viel höhere Aktivität besitzt als dieses Element.

Nach dieser Arbeit von Elster und Geitel erschien eine vorläufige Mitteilung des Herrn Hahn, eines Schülers von Sir William Ramsay. Herr Hahn teilte in dieser Veröffentlichung mit, daß es möglich sei, aus den Rückständen eines an Thorium sehr reichen Minerals, des Thorianit, ein Element abzuscheiden, welches, auf gleiche Gewichtsmenge bezogen, an Aktivität und an Emanationsvermögen dem Thorium unendlich weit überlegen sei, dabei aber die radioaktiven Charakteristika dieses letzteren Körpers zeige.[2]) Am Schlusse seiner Mitteilungen erklärt Herr Hahn, daß, seiner Meinung nach, das aus den Rückständen des Thorianit ausgeschiedene Element die Ursache der von den Herren Elster und Geitel und von mir beobachteten Erscheinungen sein müsse.

Nachdem ich nun endlich in der Lage war, mir eine gewisse Menge des Sediments zu verschaffen, mit beträchtlich größerer Aktivität als sie das zuvor behandelte Material besessen hatte, habe ich meinerseits die Versuche zur Erlangung einer größeren Konzentration der Aktivität wieder aufgenommen.

Ich muß hier bemerken, daß eine der größten Schwierigkeiten, denen ich begegnet bin, daher rührte, daß die radioaktive Substanz das Bestreben zeigte, sich von den in der Lösung entstehenden Niederschlägen mit fortreißen zu lassen. Infolgedessen ging tatsächlich im Laufe der verschiedenen Operationen ein großer Teil des aktiven Materials verloren.

Von den verschiedenen Methoden, welche ich nach und nach angewandt habe, will ich hier nur diejenige auseinandersetzen, welche mir die besten Ergebnisse geliefert hat. Dieses Verfahren bestand darin, das Sediment mit verdünnter Salzsäure anzugreifen. Dadurch ging der größte Teil des Eisens in Lösung, während fast die ganze Aktivität vom Thoriumtypus in dem unlöslichen Rückstand verblieb. Diesen Rückstand behandelte ich nun mit siedendem Königswasser, dampfte zur Trockene ein und behandelte ihn wieder mit verdünnter Salzsäure; durch Filtrieren erhielt ich dann eine Lösung, welche noch eine kleine Quantität Eisen enthielt. Aus dieser Lösung fällte ich mittels Ammoniak ein Hydrat aus, welches ich mit einer Oxalsäurelösung behandelte. Nach dem Filtrieren glühte ich den unlöslichen Rückstand aus, den ich dann wieder in einer Mischung von Schwefelsäure und Wasser zu gleichen Teilen auflöste. Die filtrierte Lösung ergab mit Ammoniak einen Niederschlag von Hydrat mit einer Aktivität und einem Emanationsvermögen, welche diejenigen einer gleichen Gewichtsmenge Thorium um mehrere Hundert Mal übertrafen. Diese Aktivität und dieses Emanationsvermögen zeigten einen beständigen Charakter, wodurch die Hypothese von der Abscheidung eines dem Rutherfordschen Thorium X analogen Produkts ausgeschlossen ist.

Mit den Produkten dieser Art war es mir möglich, die Gesetze der Desaktivierung der Emanation und der induzierten Aktivität zu bestimmen.

Die Methoden, welche ich bei diesen Messungen verfolgte, waren dieselben, welche ich in meiner Mitteilung im Philosophical Magazine beschrieben habe. Aus den einzelnen Punkten konstruierte ich die Kurven, welche diesen beiden Erscheinungen entsprechen, und konnte feststellen, daß sie sich mit ziemlicher Annäherung mit den Kurven deckten, welche Rutherford für die Thoriumsalze erhalten hat.

Als Beispiel führe ich hier eine Messungsreihe über das Abklingen der Emanation an.

Abklingen der Emanation.

Zeit in Sekunden	Aktivität
0	100
22	75,9
37,5	61,4
59	44,4
80,5	35,2
100	26
131,5	22
181,5	12,2

Die entsprechende Kurve ist in Fig. 1 wiedergegeben, in welcher auch die Resultate angegeben sind, welche Rutherford für die von den Thoriumsalzen erzeugte Emanation erhalten hat.

Bekanntlich läßt sich das Phänomen des Abklingens allgemein darstellen durch eine Gleichung von der Form:

$$\mathcal{J}_t = \mathcal{J}_0 e^{-\lambda t}.$$

Hier bezeichnet $\mathcal{J}_0$ die Aktivität des Produktes zu einem beliebig gewählten Anfangszeitpunkt, $\mathcal{J}_t$ die Aktivität zu einer späteren Zeit t, e die Basis des natürlichen Logarithmensystems, und λ eine Konstante, welche sich mit der Natur der radioaktiven Substanz ändert.

Ich habe aus der oben mitgeteilten Beobachtungsreihe λ berechnet unter Zugründe-

1) Diese Zeitschr. **6**, 67–70. 1905.
2) Zeitschr. f. phys. Chem. 9. Mai 1905; Jahrb. d. Rad. u. Elektr. **2**, 233–266, 1905.

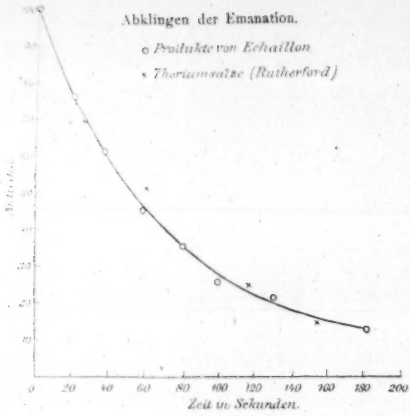


Fig. 1.

legung der Sekunde als Einheit der Zeit. Ich erhielt so das Resultat:

$$\lambda = 0{,}0121.$$

Der entsprechende Wert, den Rutherford für die aus Thorhydrat entbundene Emanation gefunden hat, lautet:

$$\lambda = 0{,}0115.$$

Bezüglich der induzierten Aktivität habe ich eine ganze Anzahl von Messungen ausgeführt, welche mir alle übereinstimmende Resultate geliefert haben. Wenn der zu aktivierende Körper nur für eine kurze Zeitdauer, d. h. für eine oder zwei Stunden, der Wirkung der Emanation ausgesetzt worden war, so bemerkte ich zunächst eine leichte Zunahme oder eine stationäre Periode der Aktivität, analog wie dies Rutherford und nach ihm auch Sella und Miß Brookes an den Thoriumsalzen beobachtet haben. War dagegen der Körper zwei oder drei Tage lang der Emanationswirkung ausgesetzt gewesen, so folgte das Abklingen dem gewöhnlichen Exponentialgesetz von dem Augenblicke an, in welchem die Wirkung der Emanation aufhörte.

Ich gebe hier eine meiner Messungsreihen wieder. Dieselbe wurde an einem Stanniolblättchen angestellt, welches achtundvierzig Stunden lang der Emanationswirkung ausgesetzt gewesen und dabei mittels einer Zamboni'schen Säule zu einem negativen Potential von etwa 500 Volt aufgeladen war.

Abklingen der induzierten Aktivität.

Zeit in Stunden	Aktivität
0	100
0,5	99,7
3,2	79,7
4,9	73,8
6,8	64,2
10,5	52,3
15,5	36
22,6	23,8
27,2	18,2
36	10,6
45,3	6,4
52	3,7
59,2	2,24
69,3	1,30
77,8	0,75

Die zugehörige Kurve ist in Figur 2 wiedergegeben. Wie man sieht, stimmen meine Ergebnisse mit denen überein, welche Rutherford für die induzierte Aktivität der Thoriumemanation erhalten hat.

Die Konstante λ berechnet sich aus dieser Messungsreihe zu:

$$\lambda = 0{,}0629,$$

während der entsprechende Wert, den Rutherford für Thorium gefunden hat, lautet:

$$\lambda = 0{,}0624.$$

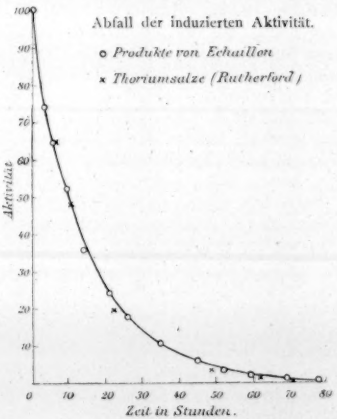


Fig. 2.

Ich glaube also, schließen zu dürfen, daß — wie es übrigens auch aus den Arbeiten von Elster und Geitel und von Hahn hervorzugehen scheint — die Phänomene der Radioaktivität, welche man an den Thoriumsalzen beobachtet, nicht sowohl auf einer inneren Eigentümlichkeit dieses Elements beruhen, als vielmehr auf der Gegenwart von Spuren eines Elements mit unendlich viel größerer Aktivität und Emanationsfähigkeit als eine gleiche Gewichtsmenge Thoriumsalz. Es liegt auf der Hand, daß die chemischen Eigenschaften der beiden Körper identische sein müssen.

Es ist zurzeit noch nicht möglich zu sagen, ob dieses neue Element ein Umwandlungs-

produkt des Thoriums ist oder nicht, wie es aus den neuesten Arbeiten von Soddy hervorzugehen scheint, daß das Radium ein Umwandlungsprodukt des Urans ist. Die Herren Hoffmann und Zerban behaupten, inaktives Thorium erhalten zu haben. Wenn ihre Versuche als entscheidend angesehen werden dürfen, so muß man daraus schließen, daß entweder das neue Element, dessen Vorhandensein Elster und Geitel, Hahn und ich festgestellt haben, kein Umwandlungsprodukt des Thors ist, oder daß die chemische Behandlung, welcher diese Forscher ihre Proben unterworfen haben, geeignet gewesen ist, diesen Körper vom eigentlichen Thorium zu trennen. Immerhin scheint der Umstand, daß weder Elster und Geitel noch ich vermocht haben, die Anwesenheit merklicher Thoriummengen in den von uns untersuchten Sedimenten nachzuweisen, der Annahme entgegen zu stehen, daß es sich um ein Umwandlungsprodukt dieses Elements handle. Erst weiteren Untersuchungen wird es vorbehalten sein, über diesen Punkt Licht zu verbreiten.

Zum Schlusse möchte ich noch hinzufügen, daß diese Mitteilung mit einigen unwesentlichen Abänderungen Ende Juli der Reale Accademia dei Lincei zu Rom vorgelegt worden ist. Ich habe indessen mit Rücksicht auf den gegenwärtigen Kongreß mit der Publikation gezögert.

Es sei mir noch erlaubt, den Herren Pr. D. Hollande in Chambéry und Pr. L. Balbiano in Rom, in deren Laboratorium ich diesen Versuch ausführte, meinen herzlichen Dank zu sagen.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 13. September 1905.)

Th. Tommasina (Genf), Die Radioaktivität der Lava des letzten Vesuvausbruches (1904).

Obwohl der Gegenstand verhältnismäßig neu ist, sind doch bereits recht zahlreiche Untersuchungen über die Radioaktivität von Mineral- und Thermalwässern, sowie über die der Fanghi ausgeführt worden. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen muß man das Vorhandensein dieser Aktivität in sehr veränderlichem und im allgemeinen ziemlich schwachen Betrage als vollständig feststehend ansehen. Man ist über die Natur und die Quelle der die Erscheinung erzeugenden Emanation noch nicht im klaren. Um letztere sehr wichtige Frage zu ergründen, ist es natürlich angezeigt, das Feld der Untersuchungen zu erweitern. Ich habe daher den Umstand benutzt, daß Herr Professor Albert Brun nach Genf Bruchstücke von dem Lavafluß des letzten Vesuvausbruches mitgebracht und die Liebenswürdigkeit gehabt hat, mir mehrere Proben zur Verfügung zu stellen, um sofort ihre Untersuchung vermittels des Elster und Geitelschen Zerstreuungsapparates zu unternehmen.

Während meiner Untersuchungen, die ich nur zu dem Zwecke unternahm, das Vorhandensein der Erscheinung festzustellen, hatte ich mich darauf beschränkt, die Lavastücke in die geschlossene Metallglocke des Apparates zu setzen. Die einzelnen um den Zerstreuer herum angebrachten Stücke hatten annähernd das gleiche Volumen. Bei diesen ersten Versuchen, die am 9. März d. Js. stattgefunden haben, hatte ich folgende Zahlen erhalten:

Apparat leer, negative Ladung . . 198,5 Volt
nach 6 Monaten . . . . . 197,5 „

Zerstreuung innerhalb von 6 Minuten also 1 Volt, was einem Betrage von 10 Volt pro Stunde entspricht.

Bruchstücke von Obsidian (Forgia vecchia) Lipari, Zerstreuung 12 Volt pro Stunde; zweifelhafte oder unbedeutende Radioaktivität.

Lavastück von dem Gipfel des Vesuvkraters, das von Herrn A. Brun am 25. September 1904 noch warm aufgesammelt worden war. Dieses Stück war daraufhin gewaschen worden, um alle Chloride daraus zu entfernen.

Mittlere gemessene Zerstreuung 19,2 Volt pro Stunde.

Vesuvlava, die bei einer Temperatur von 980° aus dem Ausfluß vom 22. September entnommen worden war; diese Stücke waren nicht gewaschen worden;

Mittlere Zerstreuung 20 Volt pro Stunde.

Vesuvlava (Valle d'Inferno) vom 20. September; 4 Stücke, die je eine Geld- oder Denkmünze enthielten:

Mittlere Zerstreuung 20 Volt pro Stunde.

Die 4 Stücke wurden dem Streuungszylinder des Apparates weiter genähert:

Mittlere Zerstreuung 42 Volt pro Stunde.

Mittlere Zerstreuung des leeren Apparates: 10 Volt pro Stunde.

Um mit einer minimalen Substanzmenge zu arbeiten und maximale Wirkungen zu erzielen, stellte ich einen Zylinder aus Karton her, der im Inneren in die Wand der Metallglocke des Apparates hineinpaßte.

Die Innenfläche dieses Zylinders wurde gummiert und hierauf mit Lava überstreut, die ich mit dem Hammer fein zerstampft hatte. Nachdem ich das Ganze hatte trocknen lassen und durch Klopfen das nicht festhängende Pulver losgetrennt hatte, betrug das Gewicht 36 g; da das des Papieres nur 10 gr ausmachte, waren also 26 g Lava in Pulverform in sehr dünner Schicht vorhanden.

Die Messungen mit Hilfe dieser neuen Versuchsordnung wurden am 23. Mai unter weit besseren Isolationsbedingungen vorgenommen; die Zerstreuung des leeren Apparates betrug nämlich vor und nach dem Versuch

nur 0,3 Volt pro 5 Minuten. Nun erzeugten die 26 g Lava in Pulverschicht, die in einer Entfernung von 5 cm von dem Zerstreuungszylinder angebracht waren, eine mittlere Zerstreuung von 1 Volt pro 5 Minuten.

Wenn man von dieser Zahl den mittleren Potentialabfall von 0,3 Volt abzieht, so ergibt sich eine Zerstreuungswirkung von 0,7 Volt für die 26 g Lava, d. h. für 260 g 7 Volt in 5 Minuten oder 84 Volt pro Stunde.

Schon am 6. Mai hatte ich ähnliche Ergebnisse mit einer anderen Versuchsanordnung erzielt, die ich der Kürze halber nicht beschreiben werde. Ich denke, daß diese kurze Zusammenfassung zur Nachweisung des Vorhandenseins einer eigenen Radioaktivität der Vulkanlava genügt und bedaure nur, daß andere Untersuchungen mich daran verhindert haben, diesen Gegenstand gründlicher zu untersuchen, um vergleichende Messungen mit denen von Elster und Geitel über die Radioaktivität der Fanghi von Battaglia, sowie mit denen der Herren Vicentini und Levi da Zara über die derselben Fanghi und der von Montegrotto, Abano und Lispida auszuführen. [1]

1) Atti del R. ist. Veneto, 1904—1905, Band 64, 2. Teil. Aus dem Französischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 12. September 1905.)

Ed. Sarasin (Genf), Über die Radioaktivität der Luft, welche atmenden Brunnen entströmt.

Man weiß durch die Untersuchungen von Elster und Geitel, von Ebert, von Himstedt und vieler anderer Beobachter, daß die radioaktive Emanation, welche aus Radium oder einer beliebigen anderen Quelle hervorgeht, sich mit größerem und geringerem Gehalt überall in den Kapillaren des Erdbodens vorfindet und von dort durch Diffusion in die Atmosphäre übergeht. Ebert hat sogar auf diese jetzt sehr wohl begründete Tatsache eine Theorie des elektrischen Feldes der Atmosphäre aufgebaut.

Sobald ich kürzlich Kenntnis erhielt von dem Phänomen der atmenden Brunnen, welches Herr Dr. Gerlier [1]) so gut untersucht und beschrieben hat, dachte ich daran, daß sich hier eine sehr günstige Gelegenheit biete, die starke Ionisation der aus den tiefen Bodenschichten kommenden Luft festzustellen.

Wie Herr Gerlier in der erwähnten Denkschrift sagt, besteht das Charakteristische dieser atmenden Brunnen darin, daß sie aus einem Kiesbett hervorkommen, welches durch die Hohlräume zwischen den Kieseln eine große schwammartige Masse bildet, die für Luft sehr durchlässig ist, eine Art unterirdischer Tasche oder Höhle, welche durch eine kompakte Erdoberflächenschicht von der Atmosphäre getrennt ist. Man hat hier gleichsam ein großes Differentialbarometer, da das Druckgleichgewicht zwischen der unterirdischen Luft und der Atmosphäre sich beständig durch den einzigen Brunnenkanal herstellt, jedoch mit einer ziemlich beträchtlichen Verzögerung infolge des langsamen Entweichens der Luft durch die Hohlräume im Kies. Wenn infolge eines barometrischen Tiefstandes ein Überdruck in den tiefen Schichten der schwammartigen Masse vorhanden ist, entweicht die Luft, welche sich dort mehr oder weniger lange befunden hat, durch die Brunnensäule, und alle Anzeichen sprechen dafür, daß die unter diesen Bedingungen ausgeatmete Luft die sonst beobachteten radioaktiven Eigenschaften aufweisen müsse. Das habe ich auch tatsächlich festgestellt auf Grund wiederholter Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der von den atmenden Brunnen ausgeatmeten Luft.

1) Dr. F. Gerlier, Des puits qui soufflent et aspirent. Arch. des sc. phys. et nat. 19, 487, 1905.

Der verwendete Apparat war ein Ebertsches Aspirationselektroskop von Günther & Tegetmeyer in Braunschweig. Dasselbe war mit einer kleinen Öffnung von 3 cm Durchmesser in der steineren Bedeckung des Brunnens mittels eines Knierohres aus Weißblech verbunden. Durch den Apparat wurde bald atmosphärische Luft aspiriert, bald von dem Brunnen ausgeatmete. Die letztere zeigte stets eine unvergleichlich größere elektrische Leitfähigkeit als die atmosphärische Luft.

Ich beschränke mich hier auf die Messungen, welche ich an dem Brunnen im Dorfe Meyrin bei Genf, Place de la Croix, vorgenommen habe. Dieser Brunnen bietet für die Aufstellung des Apparates die günstigsten Bedingungen und zeigt überdies die von Herrn Gerlier beschriebene Erscheinung mit größter Deutlichkeit.

Es sei nur ein einziger Versuch angeführt, welcher am 7. Juni 1905 zwischen 11^h und Mittag nach einer ziemlich ausgesprochenen barometrischen Depression bei schönem warmem Wetter und glühender Sonne angestellt wurde, während der Brunnen ziemlich stark blies. Die am Ebertschen Elektroskop abgelesenen Zahlen sind: (siehe Tabelle auf der nächsten Seite.)

Der Ladungsverlust des Elektroskops in einer Minute ist also bei diesem Versuch im Mittel in der Brunnenluft mehr als zehnmal stärker als in atmosphärischer Luft, die 1 m oberhalb des Brunnens aspiriert wurde. Ferner wird diese atmosphärische Luft durch Mischung mit der dem Brunnen entströmenden stärker leitend als die atmosphärische Luft in einer gewissen Entfernung vom Brunnen, welche einen Augenblick später nur einen Ladungsverlust von kaum 1 bis 2 Volt ergeben hat. Das Verhältnis zwischen der Radioaktivität der atmosphä-

Zeit	Zeichen der Ladung	Ausschlag, Blättchen links	Ausschlag, Blättchen rechts	Summe	Ladung in Volt	Ladungsverlust in 1 Minute
			Atmosphärische Luft			
11h 25′	—	15,0	15,0	30,0	178,6	6,0
11h 26′	—	14,2	14,2	28,4	172,6	
			Brunnenluft			
11h 29′	—	15,0	15,0	30,0	178,6	56,7
11h 30′	—	8,5	8,5	17,0	121,9	
			Atmosphärische Luft			
11h 35′	+	16,8	16,8	33,6	190,4	3,8
11h 36′	+	16,2	16,2	32,4	186,6	
			Brunnenluft			
11h 36′	+	16,2	16,2	32,4	186,6	67,8
11h 37′	+	8,4	8,0	16,4	118,8	

rischen Luft und derjenigen der Brunnenluft variiert merklich mit der Intensität der Atmung des Brunnens.

Wie man sieht, tritt das allgemeine Phänomen der Radioaktivität der aus den Tiefen der Erde entströmenden Luft hier mit hochgradiger Intensität auf: die Luft aus den atmenden Brunnen ist stark radioaktiv.

Bei allen Versuchen erfolgte der Ladungsverlust bei positiver Ladung schneller als bei negativer, doch war der Unterschied fast immer gering.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 13. September 1905.)

Ed. Sarasin, Th. Tommasina und F. J. Micheli (Genf), Untersuchung des Elster-Geitelschen Effektes: induzierte Radioaktivität.

Der Zweck vorliegender Mitteilung ist es, eine gewisse Anzahl neuer Tatsachen bekannt zu machen, die wir Gelegenheit hatten, bei Verfolg unserer Untersuchungen über die von uns in einer Notiz vom Jahre 1904 vor der Pariser Akademie der Wissenschaft (Sur la genèse de la radioactivité temporaire) „Elster-Geitel-Effekt" genannten Erscheinung festzustellen.

Die Tatsachen, die wir die Ehre haben, dem Kongreß mitzuteilen, scheinen in allen Punkten unsere vorhergehenden Schlußfolgerungen zu bestätigen und ermöglichen die Erweiterung der Erklärungen, die wir in einigen der Genfer physikalischen Gesellschaft gemachten Mitteilungen vorbringen zu können geglaubt haben.

Wir haben in der vorher erwähnten Notiz eine besondere Beobachtungs- und Meßmethode der elektrischen Zerstreuung beschrieben, deren regelmäßige Abnahme den Abfall der zeitweisen Radioaktivität angibt, die negativ geladene und isolierte ausgespannte Metalldrähte annehmen. Diese Methode, die von anderen Forschern noch nicht angenommen worden zu sein scheint, zwang uns dazu, das Vorzeichen der Ladung des Elektroskops abwechselnd zu ändern.

Auf diese Weise sind die in unserer vorhergehenden Notiz und die in dieser Mitteilung kurz zusammengefaßten Ergebnisse festgelegt worden.

§ 1. — Untersuchungen über das Vorhandensein einer diffusen Ionisierung, hervorgerufen durch die Strahlung radioaktiver und dann in den Elster-Geitelschen Zerstreuungsapparat eingeschlossener Metalldrähte. Um diese Frage zu ergründen, hatten wir gleich bei Beginn unserer Untersuchungen Versuche unternommen, aber es für angebracht gehalten, sie mit größter Sorgfalt zu wiederholen. Die neuen Ergebnisse haben die ersten und ebenso auch unsere Schlußfolgerungen bestätigt, die dahin lauteten, daß diese diffuse Ionisierung, die bekanntlich mit großer Intensität unter der Einwirkung von X-Strahlen und von den γ-Strahlen des Radiums in die Erscheinung tritt, hier nur in sehr geringem Betrage erzeugt wird, wenn man die von ihr hervorgerufene Zerstreuung mit der von der direkten Strahlung erzeugten vergleicht.

Die von uns benutzte Versuchsanordnung bestand aus einer Reihe von Röhren aus dünnem Metallblech, die ineinander hineinpaßten und deren engste einen Durchmesser besaß, der um 4 cm größer als der des Zerstreuungszylinders des Apparates war. Dieser zylindrische Schirm erlaubte, wenn alle Röhren vollständig zusammengeschlossen waren, nur den Durchgang der Hälfte der direkten Strahlung des aufgerollten Drahtes, die auf diese Weise nur auf die obere Hälfte des Zerstreuers einwirkte. Wenn man den Schirm verlängerte, konnte man diesen wirksamen Teil in beliebigem Betrage verringern, bis der Zerstreuungszylinder vollständig bedeckt war; durch

Verminderung des freien Raumes konnte man dann den oberen Rand des Schirmes bis zur Berührung mit dem Deckel der Metallglocke des Apparates bringen.

Versuchsergebnisse. Ein sehr dünner Draht aus verzinktem Eisen ($^2/_{10}$ mm) von 180 m Länge war mit dem negativen Pole der Batterie verbunden; das Ladungspotential wurde mehrere Male gemessen und betrug im Mittel 2000 Volts; die Dauer der Aktivierung 21 Stunden.

Nach 20 Minuten, die zum Aufrollen des Drahtes verwandt wurden, erzeugt seine Zerstreuungswirkung:

ohne Schirm einen Abfall von 100,1 V. in 3 Minuten, bei einer negativen Ladung von 197,8 V;

nach 4 Min. ohne Schirm einen Abfall von 100,1 V. in 3 Min., bei einer positiven Ladung von 197,8 V.;

nach 4 Min. ohne Schirm einen Abfall von 92,1 V. in 3 Min., bei einer negativen Ladung von 197,8 V.

Wenn der Schirm um 6,5 cm von oben her eingeschoben war und die Höhe des aufgerollten Drahtes 13 cm betrug, so beobachtete man

nach 5 Min. einen Abfall von 47,2 V. in 3 Min. bei einer negativen Ladung von 197,8 V.;

„ 4 „ „ „ von 46,6 V. in 3 Min. bei einer positiven Ladung von 197,8 V;

„ 7 „ „ „ von 38,7 V. in 3 Min. bei einer negativen Ladung von 197,8 V.

Wenn man also die Hälfte der direkten Strahlung ausschaltet, so vermindert man den Zerstreuungseffekt um die Hälfte, woraus bereits hervorgeht, daß der hauptsächliche Zerstreuungsfaktor sich ausschließlich in dem Bündel der direkten Strahlung fortzubewegen scheint.

Der verlängerte Schirm von 10,5 cm Höhe wird in den Apparat eingesetzt; dann beträgt

5 Minuten nach der letzten Ablesung die Zerstreuung 13,4 V. innerhalb von 3 Minuten bei einer negativen Ladung von 197,8 V.;

5 Minuten nach der vorhergehenden Ablesung ist die Zerstreuung 13,9 V. innerhalb von 3 Minuten bei einer positiven Ladung von 197,8 V.

Der Schirm wird weiter verlängert und reicht nun um 2 cm über die Spitze des Zerstreuungszylinders hinaus; dann ist

4 Minuten nachher die Zerstreuung innerhalb von 3 Minuten nur noch 3,2 V. bei einer positiven Ladung von 197,8 V.

Der Schirm wird dann entfernt, um die Entaktivierung des Drahtes nach 66 Minuten festzustellen.

4 Minuten nach der letzten Ablesung erhält man eine Zerstreuung von 45,4 V. innerhalb von 3 Minuten bei einer positiven Ladung von 197,8 V.

und 4 Minuten nach der vorhergehenden Ablesung eine Zerstreuung von 39,2 V. innerhalb von 3 Minuten bei einer negativen Ladung von 197,8 V.

Hieraus ergibt es sich, daß die Entaktivierung 66 Minuten nach der Entladung des Drahtes bereits die Hälfte weit überschritten hat.

Der Schirm wird weiter verlängert, bis jede direkte Einwirkung auf den Zerstreuer verhindert wird, während man der Luft einen freien Durchgangsraum von 2 cm zwischen dem Oberrand des Schirmes und dem Deckel des Apparates beläßt. Wenn man den Schirm in dieser Weise anordnet, so erhält man:

4 Minuten nach der letzten Ablesung eine Zerstreuung von 1 Volt innerhalb von 3 Minuten bei einer negativen Ladung von 197,8 V;

dann 4 Minuten nach der vorhergehenden Ablesung eine Zerstreuung von 1,3 V. innerhalb 3 Minuten bei einer negativen Ladung von 197,8 V.;

und 4 Minuten nach der vorhergehenden Ablesung eine Zerstreuung von 1 Volt innerhalb 3 Minuten bei einer negativen Ladung von 197,8 V.

Wenn man den Deckel mit dem Schirm in Berührung bringt, so ist die Zerstreuung so ziemlich gleich Null.

Letztgenannte Messungen zeigen, daß die

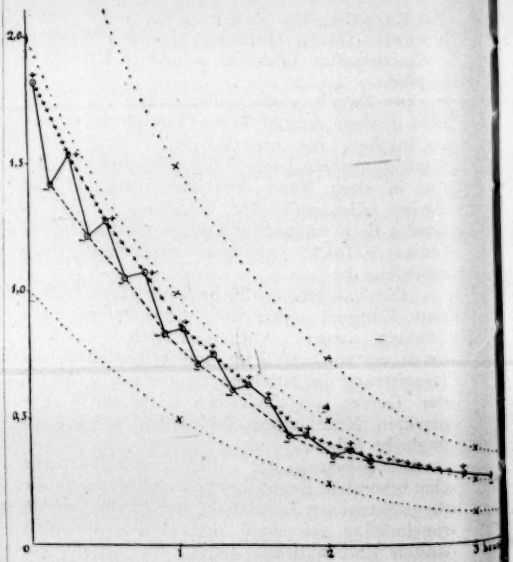


Fig. 1.

diffuse Ionisierung nur eine minimale Rolle bei der elektrischen Zerstreuung spielen kann, die auf Rechnung induzierter Aktivität kommt, da auch alle weiteren Versuche ähnliche Resultate ergeben haben.

§ 2. — Feststellung der Umkehrung der Zerstreuungskurven, die durch aktivierte Drähte erzeugt wird, die man mit einer dielektrischen Hülle bedeckt. (Figur 1.) In der angeführten Notiz haben wir die vollständig feststehende Tatsache angegeben, daß blanke Metalldrähte in dem Diagramm ihrer Entaktivierung zwei Kurven für die hervorgerufene Zerstreuung geben, von denen die positive stets die höhere ist. Da die Entaktivierungszeit bei beiden Zerstreuungen gleich war, erklärten wir diese Zerstreuungswirkung, die je nach dem Vorzeichen der Ladung des Zerstreuungszylinders im Elektroskop verschiedene Intensität zeigte, bloß durch die wahrscheinliche Einwirkung der β-Strahlung bei der positiven Entladung und durch die Wirkung der Emission von α-Strahlen, die von einem Teil der β-Strahlung bei der negativen Ladung begleitet wird und die auf diese Weise durch die Zuführung einer gewissen Quantität von Elektrizität gleichen Zeichens seitens der sehr schnellen negativen β-Elektronen verzögert würde. Einige Physiker, die diesen Umstand beobachtet und ihm sehr wenig Bedeutung beigemessen haben, indem sie ihm einer sekundären Aktivierung der Apparatwände zuschrieben, konnten unsere Erklärung als nicht genügend feststehend zurückweisen. Wir mußten den Versuch abändern, um eine andere Wirkung zu erzielen, obwohl die sekundäre Aktivierung unter denselben Umständen eintreten konnte.

Von den vielen Versuchen an Drähten verschiedener Metalle hatte uns ein einziger und zwar nur das erstemal zwei unregelmäßige Kurven gegeben, wobei die negative fast in ihrem ganzen Verlauf höher war; es war dies ein Nickeldraht, den wir ohne vorhergehende Reinigung ausgespannt und aktiviert hatten und der, wie wir beim Aufrollen auf den Zylinder aus Metallgaze feststellten, als wir ihn in den Zerstreuungsapparat einbringen wollten, eine fettige Oberflächenschicht besaß. Um festzustellen, ob die Umkehrung der Kurven auf Rechnung dieser dünnen, den Draht bedeckenden dielektrischen Schicht kam, haben wir verschiedene Arten von überzogenen Metalldrähten aktiviert und festgestellt, daß ein bloßer Überzug von Seide oder Baumwolle die Umkehrung nicht hervorrief, während diese stets eintrat, wenn die dielektrische Hülle kompakt und dick war, z. B. wenn sie aus Kautschuk, Paraffin, Trockenfirnis oder Teer bestand. Letzterer hat es uns ermöglicht, den Einfluß der Dicke der isolierenden Schicht zu untersuchen, indem wir weitere Schichten Lack auf denselben Metalldraht aufbrachten. Die nacheinander erzielten Resultate haben die Verminderung der positiven Zerstreuung dargetan, die der Zahl der Schichten und also der Dicke des den Leiter umgebenden Dielektrikums proportional ist. Diese Ergebnisse sind unserer ersten Erklärung günstig und gestatten uns, diese in folgender Weise zu vervollständigen:

Wenn die Oberfläche eines Leiters mit einer Schicht isolierender Substanz bedeckt ist, so dringen die negativen Elektronen β der aktivierenden Emanation in das Dielektrikum in um so bedeutendere Tiefe ein, je größer die Dicke ist; wenn sie daher weiterhin während der Entaktivierung sich ablösen, so bewegen sie sich mit weit geringerer Geschwindigkeit als die Elektronen, die unter denselben Umständen von einer nicht gefirnißten Metallfläche ausgesandt werden. Bei aktivierten überzogenen Drähten ist die negative Kurve daher normal und unveränderlich und die positive geht mehr und mehr mit der Erhöhung der Dicke der Isolierschicht nach unten.

Da es bekannt ist, daß eine Ladung die ganze Masse der dielektrischen Substanzen durchdringen kann, gewinnen unsere Schlußfolgerungen an Bedeutung, da sie für die allgemein angenommene Hypothese, daß die β-Emission aus negativen Elektronen besteht und daß diese Elektronen einfache, bewegliche elementare Ladungen sind, eine weitere experimentelle Stütze abzugeben scheinen; man sieht hier nämlich, daß sie sich mit Bezug auf isolierende Substanzen wie gewöhnliche Ladungen verhalten.

Es ergibt sich hieraus gleichfalls eine Stütze für die noch sehr umstrittene Hypothese, daß die α-Emission nicht aus Elektronen und auch nicht aus neutralen Teilchen besteht, sondern aus positiven Ionen, da auf ihre Rechnung die negative Zerstreuung kommen muß. Die Ergebnisse unserer Versuche mit diffuser Ionisierung zeigen nämlich, daß bei der von Luft induzierten Radioaktivität die γ-Strahlung der Entaktivierung nur eine minimal zerstreuende Rolle spielt, da sie nur schwach und sicherlich wenig durchdringend ist.

Versuche mit angefeuchtetem Bindfaden. Vermittels einer einfachen angefeuchteten Hanfschnur haben wir eine Anzahl von Versuchen erzielt, die sich leicht wiederholen lassen und sehr lehrreich sind. Wir befestigten an Haken von paraffiniertem Glase an Stelle des Metalldrahtes eine Schnur, die vorher in Wasser angefeuchtet und hierauf leicht ausgedrückt worden war. Sie wurde hierauf mit dem auf einem Potential von ungefähr 2000 Volt befindlichen negativen Pole der Batterie verbun-

den und 4 Stunden lang geladen erhalten. Nach diesem Zeitraum schien sie vollständig trocken zu sein; sie wurde aufgerollt und in den Zerstreuungsapparat gebracht; dann waren die beiden Kurven des Entaktivierungsdiagramms umgekehrt, also ähnlich wie die eines genügend lackierten Metalldrahtes. Es ist augenscheinlich, daß die bleibende Spur von Feuchtigkeit, die in der Axiallinie konzentriert ist, dieselbe Rolle wie ein Metalldraht spielt, den man in den Bindfaden hineinsteckt, während der ganze getrocknete Teil die isolierende Hülle darstellt. Hieraus ergibt es sich, daß bei diesen Erscheinungen irgendwelche auch flüssige Leiter die Metalle ersetzen und ebenso eine vorübergehende Radioaktivität annehmen können.

Hierauf wurde der Versuch in folgender Weise abgeändert: Anstatt die Schnur vorher anzufeuchten, spannt man sie trocken auf, reibt sie hierauf leicht in ihrer ganzen Länge mit einem feuchten Tuch und aktiviert sie wie vorher aber weniger lange, um sie noch etwas feucht aufrollen zu können.

Messungen der Entaktivierung haben, wie dies vorauszusehen war, dieselben Kurven wie blanke Metalldrähte ergeben, da die feuchte Oberfläche des Bindfadens leitend war. Hieraus ergibt es sich, daß die elektrische Dichte der Oberflächenschicht und nicht die Metalldichte die Elektronen aufhält und zurückbehält.

Versuch mit dem trockenen Bindfaden. Eine vollkommen trockene Hanfschnur nimmt bekanntlich ebenfalls, aber nur langsam, eine elektrische Ladung an, die sich über ihre ganze Länge ausbreitet. Diese wie vorher aktivierte Schnur gab nun eine einzige Entaktivierungskurve. Dieser Umstand ist nicht nur deswegen wichtig, weil er die vorhergehenden Schlußfolgerungen stützt, sondern auch darum, weil er dartut, daß nicht eine Spur von Oberflächenleitfähigkeit ähnlich wie die der Metalle die Ladung der trockenen Schnur ermöglicht, sondern daß diese sich wie ein Dielektrium ladet; wenn also die Ladung sich langsam auszubreiten scheint, so breitet sie sich in Wirklichkeit gar nicht aus, diffundiert und pflanzt sich durch die ganze Masse hin fort.

Diese Anschauungsweise erklärt den von uns festgestellten Umstand, daß ein leitender Draht, der mit einer dielektrischen Hülle bedeckt ist, unter sonst gleichen Verhältnissen längere Zeit gebraucht, um das Maximum seiner Aktivierung anzunehmen als ein anderer ganz ebensolcher, aber blanker Draht.

§ 3. — Wirkung einfacher Schirme aus Metallgaze. Wir ließen zweizylindrische Schirme konstruieren, ähnlich wie die Zylinder, auf die man die aktivierten Drähte aufrollt; die Metallgaze besaß Leerräume von etwa 2 Quadratzentimeter; die jeweiligen Durchmesser der beiden Schirme waren derart, daß diese den freien Raum zwischen dem Drahtzylinder und dem Zerstreuungszylinder in drei gleiche Abteilungen teilten. Diese Schirme wurden auf dem Boden der Metallglocke wie der Träger des wirksamen Drahtes angebracht und befanden sich, da sie mit der Erde in Verbindung standen, auf dem Potential Null.

Die erzielten Ergebnisse haben uns gezeigt, daß jeder Schirm den Zerstreuungseffekt weiter verringert und die Entfernung zwischen den beiden Zerstreuungskurven während der Entaktivierung der mit Dielektrikum überzogenen Drähte vergrößert, während die von blanken Drähten gleichzeitig abnehmen und in ihrem ganzen Verlauf dieselbe Entfernung bewahren, die sie im Falle der Nichtanwendung eines Schirmes trennt.

Wirkung eines Doppelschirmes, der einen Faradayschen Käfig bildet (Figur 2).

Zwei Schirme, ganz ebenso wie die eben beschriebenen, deren Äußeres jedoch denselben Durchmesser wie die Drahtträger besaß, wurden oben und unten auf 2 Metallscheiben aufgelötet, die eine zentrale kreisförmige Öffnung von demselben Durchmesser wie der kleinere

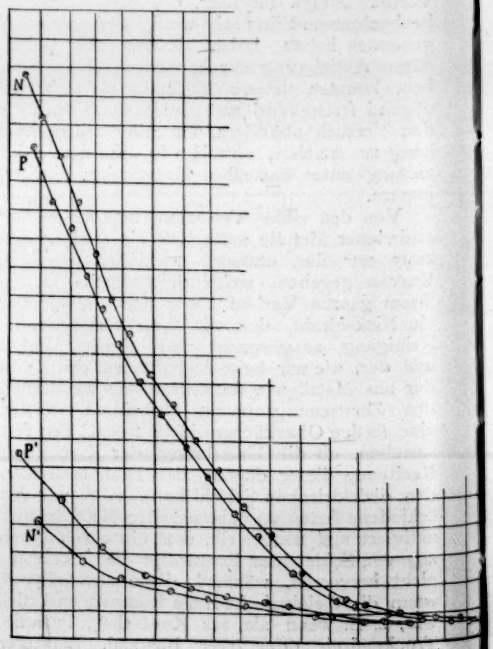


Fig. 2.

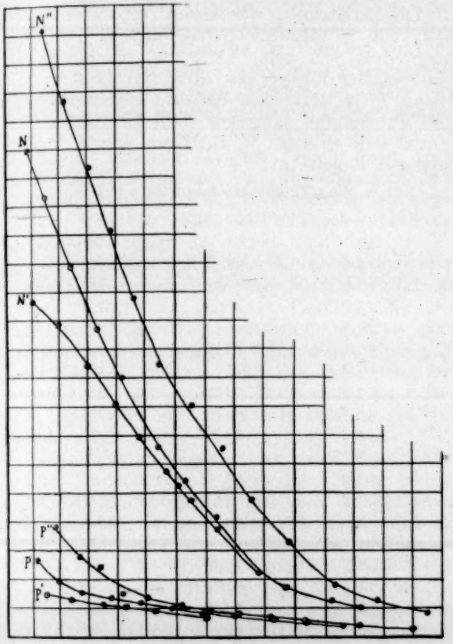


Fig. 3.

Schirm besaßen. Der ringförmige Raum zwischen den beiden Schirmen bildete also einen wirklichen Faradayschen Käfig.

Dieser Käfig bildete einen Schirm zwischen dem auf seiner ganzen Außenfläche aufgerollten Draht und dem Zerstreuungszylinder des Elektroskops, der in seinem Mittelpunkt angebracht war, und verminderte ungefähr um die Hälfte den positiven oder negativen Zerstreuungseffekt eines blanken Metalldrahtes, während die positive Zerstreuung lackierter Drähte ganz außerordentlich vermindert wurde. Die Zahlen des Kurvenpaares N' P' der beifolgenden Figur 2 (wobei N' die negative und P' die positive Zerstreuung ist) sind im folgenden als Beispiel angegeben.

Zeit in Minuten	10	15	20	24	30	35	39	43
Zerstreuung innerhalb 3 Min. in Volt N'	— 46,6		— 43,5		— 37,8		— 32,3	
P'	+ — 5,9		— 5,2		— 4,7		— 4,4	
Zeit in Minuten	48	53	57	61	65	69	74	
Zerstreuung innerhalb 3 Min. in Volt N'	— 27,7		— 22,7		— 18,6		— 14,9	
P'	+ — 3,7		— 2,9		— 2,8		—	

Wenn man bedenkt, daß die negative Zerstreuung nur die Hälfte des Betrages ohne Schirm ist, muß man zugeben, daß diese Ergebnisse unsere Erklärungen bestätigen und zwar sowohl in bezug auf die Einwirkung des Dielektrikums auf die Geschwindigkeit der negativen β-Elektronen, als auch mit bezug auf das Vorhandensein einer von den α-Korpuskeln getragenen positiven Ladung, die also positive Ionen sein würden und auf die Schwäche der γ-Strahlung, auf die diese Schirme keinen Einfluß ausüben können.

§ 4. — Untersuchungen über den Unterschied zwischen der Aktivierung in freier Luft und der innerhalb des Laboratoriums.

Wenn auch unsere Versuche hierüber nicht so zahlreich sind, daß man sie als eine Untersuchung der Radioaktivität atmosphärischer Luft betrachten kann, so glauben wir doch, daß die Angabe einiger der von uns ausgeführten vergleichenden Messungen von Nutzen sein dürfte. Ein Metalldraht wurde zum Fenster herausgehängt und ein anderer gleicher Draht von derselben Länge, der gleichfalls vermittels Haken aus paraffiniertem Glase im Laboratorium ausgespannt war. Beide Drähte waren mit dem negativen Pol der Batterie verbunden; das konstante Potential war etwas größer als 2000 Volt; ihre Aktivierung dauerte 4 Stunden 15 Minuten. Bei diesem Versuch, den wir hier als Beispiel angeben, wurde das Elektroskop gleichmäßig mit positivem Vorzeichen geladen und die einzelnen Werte geben in Volt die innerhalb von 3 Minuten erfolgende Zerstreuung an, indem stets von einem konstanten Potential von 197,8 Volt ausgegangen wird, das einer Ablenkung von 18 Teilstrichen der Skala nach beiden Seiten entspricht.

Zeit in Minuten	Außendraht	Laboratoriumsdraht	Zeit in Minuten	Außendraht	Laboratoriumsdraht
3	62,5	—	73	—	40,1
7	—	133,9	77,5	18,6	—
11	56,5	—	82	—	34,1
14	—	126,5	87,5	14,4	—
18	52,8	—	91	—	29,1
22	—	115,8	95	11,8	—
26	46,6	—	100	—	24,5
30	—	101,0	105	9,0	—
35	39,5	—	113	—	16,3
40	—	87,5	120	6,7	—
45	33,9	—	127	—	8,2
49	—	77,1	135	5,1	—
53	29,6	—	144	—	4,9
56,5	—	62,5	150	4,4	—
60	26,3	—	157	—	4,1
65	—	52,8	162	3,7	—
69	22,2	—			

Wie man sieht, war die Aktivierung des äußeren Drahtes unter sonst gleichen Umstän-

den kleiner als die Hälfte derjenigen, die der im Laboratorium ausgespannte Draht annahm, und außerdem besaßen die Entaktivierungen einen verschiedenen Gang. In der ersten Stunde tritt fast derselbe Abfall ein; aber hierauf gewinnt die des im Laboratorium ausgespannten Drahtes mehr und mehr einen Vorsprung über den anderen, sodaß nach $2^1/_2$ Stunden die Kurven sich treffen, und die beiden Drähte dieselbe Aktivität zeigen. Andere Versuche haben annähernd dieselben Ergebnisse geliefert, die einfach die bereits bekannte Tatsache bestätigen, daß die Emanation eines Laboratoriumssaales aktiver als die der Außenluft ist. Wir können im übrigen nach einer langen Reihe von Versuchen, die mehr als ein Jahr gedauert haben, nichts in bezug auf das Wesen des aktiven Gemenges unseres Laboratoriumsaales folgern; doch haben wir einen Umstand mit Sicherheit festgestellt, der eine gewisse Bedeutung haben kann. Es ist dies der Umstand, daß die Aktivität des Laboratoriums während der ganzen Zeit stets so ziemlich denselben Betrag behalten hat und daß die Natur dieser Emanation derart ist, daß ein nicht elektrisierter Metalldraht darin niemals eine Spur von Aktivität angenommen hat, die mit unserem Zerstreuungsapparat sich hätte feststellen lassen.

§ 5. — Merkliche Aktivierung durch eine plötzliche negative Ladung; schwache Aktivierung durch eine langdauernde positive Ladung. Die negative Entladung einer Leydener Flasche auf den isolierten unmittelbar entladenen Draht reicht dazu aus, ihm eine meßbare Radioaktivität zu erteilen. Hingegen haben mehrere plötzliche positive Entladungen niemals eine merkliche Aktivierung erzeugt.

Als wir jedoch den isolierten Draht viele Stunden lang auf dem positiven Potential von 2000 Volt erhielten, erkannten wir, daß der Draht eine schwache Aktivität annahm, dessen Entaktivierungskurven verschiedenartig waren; die Entaktivierung erfolgt nämlich viel langsamer. Im folgenden sind einige der erzielten vergleichenden Ergebnisse angegeben:

Ein sehr dünner verzinkter blanker Eisendraht ($^2/_{10}$ mm Durchmesser und 41 m Länge), verbunden mit dem positiven Pole der Batterie, wurde 69 Stunden lang auf dem konstanten Potential von + 2000 V. aktiviert.

Zeit in Min.	Zerstreuung innerhalb 5 Min. in V.		Zeit in Min.	Zerstreuung innerhalb 5 Min. in V.	
	—	+		—	+
24	2,4		93	1,8	
31		2,9	103		2,1
38	2,3		113	1,6	
44		2,6	124		1,8
53	2,1		132	1,4	
61		2,4	140		1,6
68	1,9		147	1,4	
75		2,3			

Die Zerstreuung des leeren Apparates innerhalb von 5 Minuten betrug 0,3 V. vor und nach dem Versuch. Derselbe blanke Draht von gleicher Länge, der aber mit dem negativen Pole derselben Batterie verbunden war und 45 Stunden lang auf dem konstanten Potential von — 2000 V. aktiviert wurde, ergab folgende Resultate:

Zeit in Min.	Zerstreuung innerhalb 3 Min. in V.	
	—	+
8	104,7	
12		103,2
15,5	98,6	
19		96,2
23	91,1	
26,5		88,9
30	81,5	
33,5		79,0
37	71,2	
41		68,9
45	63,6	
48,5		61,9
52,5	55,3	
56,5		49,1
60	44,7	
64		42,9
68,5	37,8	
73,5		35,5
78	31,4	
82		29,1

Die Zahlen zeigen offenkundig den außerordentlichen Unterschied zwischen der negativen und positiven Aktivierung und auch das wirkliche Bestehen letzterer, wenn diese auch sehr schwach ist; ebenso auch die weit langsamere Entaktivierung, die nicht einmal auf die Hälfte nach 2 Stunden 27 Minuten hinabgeht, während der Abfall der negativen Aktivierung bereits nach 55 Minuten die Hälfte beträgt.

Der Umstand, daß jeder isolierte Leiter, der eine negative Ladung von hohem Potential auch nur während einiger Sekunden erhält, schon hierdurch radioaktiv wird und daß es wie wir dem Obigen zufolge gleichfalls festgestellt haben, genügt, einige Funken der negativen Belegung einer Leydener Flasche auf ihn übergehen zu lassen, damit er nach unmittelbar hierauf erfolgender Verbindung mit dem Erdboden eine deutlich meßbare Aktivität zeigt, scheint darauf hinzuweisen, daß die Wolken, die während eines Gewitters eine gewisse Zeitlang eine negative Ladung bewahren, sehr wahrscheinlich eine starke, induzierte Radioaktivität annehmen müssen; diese Radioaktivität würde zu dem sehr hohen Potential ihrer Ladung sowie zu der Dauer dieser proportional sein.

Außerdem müssen die isolierten Leiter und Dielektrika, die eine Blitzentladung empfangen, gleichfalls eine vorübergehende Aktivierung annehmen, die in den Dielektrika in Anbetracht

der starken Durchdringung einer solchen Entladung sehr langsam verschwindet. Letzterer Umstand ist in Modena (Italien) im vorigen Jahre von Professor C. Chistoni festgestellt worden. Das Gewitter ging am 23. März nieder; vom Blitz getroffene Ziegel zeigten Spuren von Schmelzen; ihre Untersuchung begann am 6. April, und sie zeigten noch eine sehr schwache Aktivität am 12.; die außerordentlich langsame Entaktivierung dauerte also 20 Tage. (Rend. della R. Acc. dei Lincei. Band 13, 1. Halbjahr 1904.)

Wir glauben auf diese Weise deutlich festgestellt zu haben, daß die Radioaktivität an einem Drahte mit positiver Ladung, die von mehreren Autoren angezweifelt worden war, wirklich eintritt, wenn ihre Intensität auch sehr schwach sein möge. Was die Auslegung anbelangt, die man dieser Erscheinung zu geben hat, so dürfte sie unseres Erachtens die folgende sein:

Man nimmt allgemein an, daß diese induzierte Radioaktivität von den freien in der Luft vorhandenen positiven Ionen erzeugt wird; die Annahme ist gestattet, daß diese auch negative, freie oder von unsichtbaren Strahlungen fortgezogene Elektronen enthält. Diese negativen Elektronen dürften die Ladung an gewissen Stellen neutralisieren und hierauf ihr Vorzeichen ändern, u. zw. dort wo sie in genügender Anzahl vorhanden sind; an diesen sehr spärlich verteilten Stellen würden die positiven Ionen der Luft eine Erscheinung bewirken, die man lokalisierte Oberflächenionisierung nennen kann.

(Aus dem Französischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 12. September 1905.)

Bernard Brunhes und Albert Baldit (Clermont-Ferrand), Über die Zerstreuung der beiden Elektrizitäten auf dem Gipfel und im Gebiet des Puy de Dôme.

1. Wir haben während des Herbstes und Winters 1904 und des Sommers 1905 auf dem Gipfel des Puy de Dôme und an verschiedenen Punkten der Gegend eine ganze Anzahl von Beobachtungen über die Elektrizitätszerstreuung gemacht. Wir sind dadurch in der Lage, mehrere schon bekannte Resultate zu bekräftigen und einige anscheinend neue Resultate mitzuteilen, und zwar über die Unterscheidung, welche man beim Übergang aus der Ebene ins Gebirge zu machen hat zwischen dem Einfluß der Höhe und dem Einfluß der Formation.

2. Die Messungen auf dem Gipfel des Puy de Dôme wurden teils mit dem Elster- und Geitelschen Apparat von der Firma Günther & Tegetmeyer ausgeführt, teils mit dem Elektroskop von Curie, welches zur Untersuchung radioaktiver Körper dient, und welches, obschon es den Nachteil hat, nicht transportabel zu sein, doch andererseits den Vorzug besitzt, an wohldefinierten Punkten genauere Messungen zu gestatten.

Die meisten Messungen wurden in der Weise gemacht, daß die untere Kondensatorplatte entfernt und nur die obere Platte in Verbindung mit dem beweglichen Blättchen beibehalten wurde. Benutzt man den Apparat in dieser Anordnung mit aufwärtsgerichteter oberer Platte und schützt den Käfig durch irgendeinen Schirm gegen Regen, so daß also nur die obere Platte exponiert ist, so gestattet er, beiläufig bemerkt, auf die einfachste Weise die negative Elektrisierung des Regens nachzuweisen. Wir haben den Versuch sehr häufig angestellt, sowohl ganz am Anfang wie am Ende eines Gewitterregens; jeder einzelne Tropfen, der auf die Platte fällt, erteilt dem Blättchen einen plötzlichen kleinen Stoß und man erkennt, daß die Ladung, welche der isolierte Körper annimmt, negativ ist.

Die Eichung des Apparates in Volt bietet keinerlei Schwierigkeiten. Er hat indessen stets zu relativen Messungen gedient, und zwar zur Vergleichung der Schnelligkeit, mit welcher unter verschiedenen Bedingungen sich die beiden Elektrizitäten zerstreuen.

Es sei hier ein Beispiel angeführt:

27. November 1904. — Schöner kalter Tag. Schnee am Boden. Kein, oder fast kein Wind. Nebelmeer.

	Zeigerstellung des Elektroskops SK.-T.	Abfall in einer Minute
Ladung des Elektroskops +		
$10^h\ 17'$ a. m.	170	1,0
10 21 „	166	
10 29 „	157	1,1
Ladung des Elektroskops —		
$10^h\ 30'$ a. m.	187	8,2
10 35 „	146	
10 40 „	110	7,2
Ladung des Elektroskops +		
$1^h\ 39'$ p. m.	167	1,2
1 48 „	156	
1 57 „	145	1,2
2 07 „	132	1,3
Ladung des Elektroskops —		
$2^h\ 18'\ 30''$ p. m.	198	
2 31 30 „	68	10,0

Die Zerstreuung scheint also vom Morgen gegen den Nachmittag hin zugenommen zu haben. Das Verhältnis zwischen der negativen und der positiven Zerstreuung ist dabei merklich das gleiche, nämlich ungefähr 7, geblieben.

3. Zahlen von dieser Größenordnung wurden an schönen Wintertagen bei schneebedecktem Boden gefunden. An schönen Sommertagen erreichte das Verhältnis zwischen der negativen und positiven Zerstreuung selten den Wert 6, gleich als ob der Schnee die Wirkung hätte, die Atmosphäre noch mehr von negativen Ionen zu säubern.

Am 19. November 1904 wurden für die negative Zerstreuung an derselben Skala zwischen 6^h a. m. und Sonnenaufgang 10,2 Skalenteile gefunden; zwischen 8^h 15′ a. m. und 9^h a. m. 11,7 Sk.-T.; zwischen 10^h 30′ a. m. und 11^h 30′ a. m. 10,5 Sk.-T.; zwischen 12^h und 1^h p. m. 11,1 Sk.-T.; zwischen 3^h p. m. und 4^h p. m. 9,8 Sk.-T.; zwischen 4^h p. m. und 5^h p. m. 8,9 Sk.-T.; endlich gegen 9^h p. m., lange nach Sonnenuntergang, 7,8 Sk.-T. Diese Angaben stimmen gut überein mit unseren Kenntnissen vom täglichen Gang der negativen Zerstreuung.

An diesem Tage ist eine eigentümliche Erscheinung zu bemerken: Der mittlere Verlust betrug zwischen 8^h 31′ a. m. und 8^h 37′ a. m. 12,7 Sk.-T. in der Minute. Er fiel zwischen 8^h 42′ a. m. und 8^h 49′ a. m. plötzlich auf 5,6 Sk.-T. Der Beobachter hatte keine Veränderung am Himmel noch in der Umgebung des Apparates wahrgenommen, bemerkte aber in diesem Augenblick, daß man in einigen Dekametern Entfernung trocknes Laub angezündet hatte, um die nächstjährige Weide herzurichten. Der Rauch hiervon, den er bisher noch weder gerochen noch eingeatmet hatte, hatte schon genügt, das Elektroskop zu beeinflussen. Der Beobachter ließ sofort das Feuer löschen, und der Verlust stieg alsbald auf 8,0 Sk.-T. zwischen 8^h 52′ a. m. und 8^h 56′ a. m. und dann auf 9,4 Sk.-T. zwischen 8^h 56′ a. m. und 9^h 01′ a. m.

4. Bei so beträchtlichen Verlusten bei schönem Wetter muß man erwarten, bei nebligem Wetter eine gewaltige Abnahme zu finden.

18. Oktober 1904. Hoher Luftdruck. Nordostwind. Dichter, feuchter Nebel.

Beobachtungszeit 4^h p. m. bis 5^h p. m.

Mittlerer Verlust in einer Minute:

1,7 Sk.-T. für negative Ladung,
0,3 „ „ positive „

21. November 1904. Nebel, welcher 20 bis 30 m weit zu sehen gestattet. Der Boden ist leicht bereift. Beobachtungszeit 3^h p. m. bis 5^h p. m.

Negativer Verlust: 1,0 Sk.-T.
Positiver „ 0,4 „

Das Auftreten eines Nebels, welcher den Apparat einhüllt, hat zunächst im allgemeinen die Wirkung, nicht nur den negativen Verlust zu verlangsamen oder aufzuhalten, sondern sogar die negative Ladung zu vergrößern.

Beispiel:

25. Oktober 1904. Ruhiges Wetter. Sehr heiße Sonne.

Ladung —			
8^h 39′	a. m.	140 Sk.-T.	
8 41	„	124 „	
8 41 20″	„	Auftreten des Nebels	
8 42	„	133 Sk.-T.	
8 43	„	139 „	
8 44	„	138 „	
8 44 30	„	145 „	
8 45	„	160 „	
8 45 30	„	167 „	
8 46	„	169 „	
8 46 30	„	173 „	
8 47 30	„	171 „	Der Nebel zerstreut sich allmählich.
8 48	„	169 „	Die Sonne erscheint um 8^h 48′ 15″; sie ist um 8^h 48′ 20″ sehr hell.
8 48 30	„	160 „	
8 49	„	137 „	
8 50	„	126 „	

5. Wir haben in gewissen Fällen genau im Moment des Auftretens und Verschwindens der Sonne eigentümliche Wirkungen beobachtet, welche besondere Untersuchung verdienten. Außer diesem Beispiel für die Ladung des Nebels könnten wir zahlreiche Beispiele für die Ladung des Regens anführen. Naturgemäß wächst in dem Augenblick, wo Nebel oder Regen eintritt, die positive Zerstreuung. Die gleiche Erscheinung wurde beobachtet, wenn der Apparat in eine Furche des Geländes östlich von den Tempelruinen gebracht wurde. Bei schönem Wetter kommt es morgens vor, daß die Sonnenstrahlen aus dem feuchten oder schneebedeckten Boden eine Dampfwolke entwickeln, welche aufsteigt und sich weiter oben zerteilt. Es wurde beobachtet, daß dieser Dampf beim Auftreffen auf den Apparat den positiven Verlust, gerade wie Nebel oder Regen beschleunigt, und in einem Falle sogar die negative Ladung vermehrt hat.

Es sei noch erwähnt, daß der Gewitterregen, wie sich im Laufe des Sommers 1905 oft beobachten ließ, auf dem Gipfel des Puy de Dôme und in jener Periode sich stets und unveränderlich negativ elektrisch geladen gezeigt hat.

6. Die vergleichenden Zerstreuungsmessungen an verschiedenen Punkten zu möglichst nahe beieinander liegenden Zeiten wurden fast sämtlich mit dem Elster- und Geitelschen Apparate ausgeführt.

Um unser Verfahren und die Art des zu erwähnenden Phänomens zu zeigen, seien bei-

spielsweise die am Fuße und auf dem Gipfel des Puy de Crouëlle gemachten Messungen mitgeteilt. Dieser Berg ist ein sehr alter, vollkommen isolierter vulkanischer Kegel, der sich nur 40 m über die Ebene der Limagne, östlich von Clermont, in der Nähe des Dorfes Aulnat erhebt.

3. August 1905.

a) Messungen am Fuße des Puy de Crouëlle.

	Ablenkung nach rechts	Ablenkung nach links	Gesamtablenkung	Volt	Diff.
Ladung —					
3h 30 p. m.	11,7	11,7	23,4	197	12
3 31 „	10,7	10,7	21,4	185	14
3 32 „	9,6	9,6	19,2	171	12
3 33 „	8,8	8,6	17,4	159	12
3 34 „	7,8	7,6	15,4	147	
Ladung +					
3h 36 p. m.	13,5	13,0	26,5	215	11
3 37 „	12,5	12,0	24,5	204	13
3 38 „	11,5	11,0	22,5	191	10
3 39 „	10,6	10,1	20,7	181	10
3 40 „	9,8	9,5	19,3	171	9
3 41 „	9,2	8,7	17,9	162	

b) Messungen auf dem Gipfel des Puy de Crouëlle.

Ladung +					
4h 05 p. m.	12,3	12,3	21,6	204	5
4 06 „	11,9	11,9	23,8	199	6
4 07 „	11,5	11,3	22,8	193	6
4 08 „	11,0	10,7	21,7	187	6
4 09 „	10,6	10,1	20,7	181	
Ladung —					
4h 18 p. m.	14,0	14,0	28,0	223	13
4 19 „	12,6	13,0	25,6	210	11
4 20 „	11,8	12,0	23,8	199	13
4 21 „	10,5	11,0	21,5	186	13
4 22 „	9,6	10,0	19,6	173	12
4 23 „	8,6	9,0	17,6	161	

Das Resultat ist sehr einfach. In der Ebene waren der positive und der negative Verlust merklich gleich. Auf dem Hügel aber erhielt man, schon in dieser kaum größeren Höhe, die charakteristische Asymmetrie. Dieselbe zeigt sich aber nur durch eine Abnahme der positiven Zerstreuung ohne merkliche Änderung der negativen.

7. Das Ergebnis erschien uns zu wichtig, um nicht wiederholte Beobachtung zu erfordern. Wir arbeiteten dann am Puy Chateix, welcher Rayat im Norden überragt. Es wurden Zerstreuungsmessungen auf dem Gipfel dieses Hügels gemacht, sowie vorher auf halber Höhe, auf einer kleinen Terrasse, auf der sich das Sanatorium des Dr. Petit befindet. Der Gipfel überragt diese Terrasse nur um 60 m.

a) Sanatorium.

	Ablenkung nach rechts	Ablenkung nach links	Gesamtablenkg.	Volt	Diff.
Ladung —					
11h 54 a.m.	12,0	12,0	24,0	201	65 V. in 3 Min.
11 57 „	7,2	6,3	13,5	136	22 V. in 1 Min.
Ladung +					
11h 59 a.m.	15,0	14,6	29,6	232	39 V. in 3 Min.
12 02 p.m.	11,4	11,4	22,8	193	13 V. in 1 Min.

Schon hier zeigt sich das Überwiegen der negativen Zerstreuung.

b) Gipfel des Puy Chateix.

Ladung +					
12h 20 p.m.	13,5	13,5	27,0	218	30 V. in 3 Min.
12 23 „	10,7	11,3	22,0	188	10 V. in 1 Min.
Ladung —					
12h 30 p.m.	15,0	15,2	30,2	235	95 V. in 4 Min.
12 34 „	8,0	6,2	14,2	140	24 V. in 1 Min.

Es ist zu bemerken, daß die Empfindlichkeit des Apparates nicht über die ganze Ausdehnung der Skala dieselbe ist, und daß eine Abnahme um 1 Volt von 230 Volt ab nicht dieselbe Bedeutung hat wie von 140 Volt ab. Da aber immer im gleichen Intervall beobachtet wurde, gestatten die angeführten Zahlen einen richtigen Vergleich zwischen den beiden Verlusten an verschiedenen Punkten. Auch hier findet man — und der Versuch wurde beim Abstieg wiederholt — eine Tendenz zur Vergrößerung des negativen Verlustes bei zunehmender Höhe, dagegen eine relativ stärkere Abnahme des positiven Verlustes gegen den Gipfel hin.

Am gleichen Tage wurde in einem Garten zu Clermont beobachtet. Man erhielt dort einen negativen Verlust von 35 Volt (von 215 auf 180) in 4 Minuten, also von 9 Volt per Minute, und einen positiven von 30 Volt in 3 Minuten, also von 10 Volt in der Minute. Diese Versuche wurden mehrfach wiederholt und gestatten nicht den Schluß, daß die positive Zerstreuung die negative überwiege. Bei dem Genauigkeitsgrade der Methode ist der Unterschied vielmehr sicher zu vernachlässigen.

Indessen haben die Messungen, welche ein anderer Beobachter einige Tage zuvor in der Umgebung des Puy de Dôme gemacht hat, durchaus bestätigende Ergebnisse geliefert.

8. Am Puy de Dôme hatte man an schönen Sommertagen nachmittags im Mittel einen negativen Verlust von 2,8 Skalenteilen bei einem Ausschlag der Blättchen von 25 Sk.-T. und bei gleichem Ausschlag einen positiven Verlust von 0,6 bis 0,7 Sk.-T., d. h. bei etwa 200 Volt einen negativen Verlust von 16 Volt und einen positiven von 4 Volt. Man ersieht schon hieraus, daß die negative Zerstreuung unter normalen Verhältnissen auf dem Puy de Dôme (1465 m) nicht den Wert erreicht, den wir dafür auf

dem kaum 600 m hohen Puy Chateix gefunden haben. Allerdings ist es richtig, daß nur gleichzeitige Beobachtungen über diesen Punkt ganz bestimmte Aufschlüsse geben könnten.

9. Was indessen außer allem Zweifel steht, ist, daß wir beim Abstieg vom Puy de Dôme bis zum Plateau, auf welchem sich die Kette der Puys erhebt, bei einer leichten Abnahme der negativen Zerstreuung eine unzweifelhafte und beträchtliche Zunahme der positiven haben konstatieren können.

Am 13. Juli 1905, um 5 Uhr abends, hatten wir im Instrumentenpark auf der Ostseite des Gipfels einen negativen Verlust von 2,8 Sk.-T. und einen positiven von 0,66 Sk.-T. festgestellt und fanden darauf beim Abstieg:

	Negative Zerstreuung	Positive Zerstreuung
a) Pfahl 87 der Eisenbahn (Saumpfad auf der Südostseite)	2,5	1,35
b) Sehr exponierter Felsvorsprung auf der Nordostseite, gegenüber dem kleinen Puy de Dôme .	3,0	0,95
c) Grat zwischen großem und kleinem Puy de Dôme	2,0	0,9
d) Gipfel des kleinen Puy de Dôme, 1267 m (ziemlich scharfer Nordostwind)	1,85	0,9
e) Auf dem Grunde des Nid de la Poule, 1210 m (Ergebnis zweier Messungsreihen).	2,2	1,95

Die positive Zerstreuung auf dem Grunde des Nid de la Poule beträgt also 11 Volt in der Minute, also merklich ebensoviel wie am Fuße des Puy de Crouëlle in der Ebene von La Limagne, 350 m hoch, oder an den Abhängen des Puy Chateix, während der Grund des Nid de la Poule etwa 1210 m hoch liegt.

In diesem Grunde nähern sich die beiden Verluste einander stark, und steigt man aus diesem Tale zum sehr nahe gelegenen Gipfel des kleinen Puy de Dôme, so findet man kaum eine Zunahme der negativen Zerstreuung. (Scheinbar findet sogar eine Abnahme statt, zweifellos, weil man des Windes wegen unter weniger günstigen Bedingungen arbeitet). Indessen tritt sicher eine Verminderung des positiven Verlustes um die Hälfte ein.

Bei einer Verallgemeinerung der vereinzelten und nacheinander vorgenommenen Messungen muß man sehr vorsichtig zu Werke gehen. Wir möchten beispielsweise nicht wagen, aus den vergleichenden Messungen im Nid de la Poule und am Fuße des Puy de Crouëlle den Schluß zu ziehen, daß in einer Ebene von 350 m Höhe und einem Plateau von 1000 m Höhe die normale Zerstreuung dieselbe bleibe. Jedenfalls scheint es uns, daß sie von derselben Größenordnung ist. Indessen ist es statthaft, aus dieser vorläufigen Untersuchung und den abwechselnd auf benachbarten Stationen gemachten Messungen zu schließen: 1. daß, wenigstens bis zu 1500 m Höhe, bei der Asymmetrie, die sich beim Übergang aus der Ebene zum Berge zwischen den beiden Zerstreuungen kundgibt, die Formation des Geländes, und nicht die Höhe, die Hauptrolle spielt; 2. daß das unverhältnismäßige Wachsen der elektrischen Feldintensität in der Nähe der Gipfel weit mehr eine Abnahme der positiven als eine Steigerung der negativen Zerstreuung zur Folge hat.

Auf dem Gipfel des Puy de Dôme, 15. August 1905.

(Aus dem Französischen übersetzt von Max Iklé.)

(Eingegangen 13. September 1905.)

Die Eigenschaften von Kondensationskernen und ihre atmosphärische Verteilung.[1])

Von Carl Barus.

1. Einleitung. Während der letzten Jahre habe ich die Kernbildung (wobei ich diesen Ausdruck zur Bezeichnung der Anzahl Kerne irgendeiner gegebenen Art pro ccm Luft bei gewöhnlichem Druck und gewöhnlicher Temperatur benutzen werde) der Atmosphäre untersucht. Meine Forschungen waren sowohl auf die gewöhnlichen verhältnismäßig großen staubähnlichen Kerne gerichtet, die in ihr enthalten sind, d. h. auf solche, die nicht durch ein Wattefilter gehen, als auch auf die viel kleineren Kerne, die wahrscheinlich zu dem molekularen System der Luft gehören, da sie sich von ihr durch Filtrieren nicht trennen lassen. Kerne der erstgenannten Art sind gewöhnlich (obwohl nicht notwendigerweise) Fremdkörper. Die der letzten Art können es auch sein; da sie aber erwiesenermaßen selbst im Vergleich mit Ionen klein sind, und sich schnell wiederherstellen, wenn man sie aus der Luft entfernt, so kann ihre wahre Natur die von kolloidalen Luftmolekülen sein. Da sie zu Tausenden und Millionen pro ccm vorhanden sind, wenn sie sich der Größenordnung molekularer Dimensionen nähern, sind sie auch schon aus diesem Grunde mit Ionen nicht zu identifizieren; die Anzahl der letzteren ist nämlich im Vergleich hierzu unbeträchtlich. Nach dem eben Erwähnten lassen sich kolloidale Luftmoleküle (Kerne) nicht als stabile chemische Körper betrachten, da sie, wenn sie durch Kondensation niedergeschlagen werden,

1) Autorreferat nach der ausführlichen Arbeit in den Lütticher Berichten. Die erwähnten höheren Figurennummern etc. beziehen sich ebenfalls auf die Hauptarbeit.

sofort in dem Medium von feuchter Luft, in dem der Niederschlag stattgefunden hat, wieder gebildet werden. Sie können auch nicht in langen Abfallintervallen zum Verschwinden gebracht werden. Die Koronae filtrierter Luft erreichen nämlich nach langem Warten ihre größten Dimensionen, da auf diese Weise alle anderen größeren Kerne, die neben ihnen noch vorhanden sein können, zum Verschwinden gebracht werden.

Hiernach muß man den Schluß ziehen, daß die durch das Filter hindurchgehenden Kerne in einem bestimmten Verhältnis zugegen sind, das von Bedingungen des chemischen Gleichgewichts außerordentlich allgemeiner Art abhängt. Im allgemeinen wird für jeden derartigen verschwindenden Kern ein anderer in der nichtenergisierten staubfreien Luft erzeugt, so daß der Bestand an Kernen konstant bleibt.

Um genügend verschiedene Verhältnisse zu erzielen, wird es offenbar erforderlich sein, Kerne in der Kondensationskammer (auch kurz Nebelkammer genannt) selbst hervorzurufen, ohne irgendwelches fremde Material einzuführen. Dies kann man mit Hilfe von X-Strahlen oder β- und γ-Strahlen des Radiums erreichen und zwar am besten derart, daß die Emanation und sogar die α-Strahlen ausgeschlossen werden. Die so erzielten Veränderungen der Kernbildung lassen sich als aus dem staubfreien Inhalt der Nebelkammer entstehend betrachten.

2. Bezeichnungen. Die Nebelbildung (Nukleierung) N, von der in diesem Kapiteln die Rede ist, wird nach dem Winkelradius der in der Nebelkammer gesehenen Korona und der bei der gegebenen Luftverdünnung sich absetzenden Menge Wasser bestimmt, und zwar nach der in meinem Bericht an die Smithsonian Institution (1905) genau angegebenen Methode.

Die Luftverdünnung wird am besten auf eine Druckdifferenz (δp) zwischen dem Äußeren und Inneren der Nebelkammer getrieben, die gerade oberhalb des Punktes (den wir Nebelgrenze δp_0 nennen wollen) bei dem staubfreie, nichtenergisierte, gesättigte Luft ohne fremde Kerne zum Kondensieren gelangt. δp_0 hängt von der besonderen Form des benutzten Apparates ab.

Auf Tabellen habe ich meistens zugunsten der graphischen Methode verzichtet. Die gegebenen Daten sind gewöhnlich Beispiele.

3. Zerfließende Kerne. Die X-Strahlen, denen die staubfreie Luft ausgesetzt wird, mögen verhältnismäßig schwach sein, so daß die Ionisierungsdichte unterhalb eines gewissen kritischen Wertes bleibt. Die bei der Kondensation beobachteten Kerne sind dann sehr klein und erfordern eine bedeutende Luftverdünnung, die der Nebelgrenze δp_0 nichtbestrahlter Luft nahe kommt, aber stets unterhalb dieser bleibt. Sie werden gewöhnlich augenblicklich (innerhalb einer Sekunde) durch die Strahlung erzeugt, so daß ihre Anzahl unabhängig von der Expositionszeit wohldefiniert ist. Ihr Rückgang erfolgt einige Sekunden, nachdem die Bestrahllung aufgehört hat, und zwar in roher Annäherung auf die Hälfte ihrer Anzahl in 2 Sekunden, und auf $^1/_8$ in 20 Sekunden, ganz wie gewöhnlich (Figuren 3 und 4). Ich vermute, daß diese Kerne das sind, was die meisten Physiker Ionen nennen würden. Nichtsdestoweniger sind die Teilchen nicht von einer Größe; die Dimensionen hängen vielmehr von der Intensität der durchdringenden Strahlung ab, auf deren Rechnung sie gewöhnlich kommen. Sie gehen kontinuierlich in dauerhafte Kerne über, wie im nächsten Kapitel angegeben, wo der Rückgang der Ionisierung von dem der Kernbildung wohl zu unterscheiden ist. Sie werden in großer Menge von γ-Strahlen erzeugt, die zwar schwache Ionisatoren sind, aber von diesem Gesichtspunkte aus starke Kernbilder werden (Kap. 14). Schließlich sind sie auch in der Lösung sehr stabil (Kap. 7). Der Fall scheint wohl ein solcher zu sein, bei dem die Rückgangsgeschwindigkeit die Erzeugungsgeschwindigkeit übertrifft.

Wenn N in Tausenden von Kernen pro ccm ausgedrückt ist und die Zeit in Sekunden gerechnet wird, wenn ferner

$$\frac{1}{N} = a + b\,t,$$

sodaß $\frac{dN}{dt} = -b\,N^2$, so gibt die Beziehung $b = 0{,}002$, die Ergebnisse in befriedigender Weise wieder, während ein gewöhnliches Exponentialgesetz dies nicht leistet. Der Rückgang ist von der für die gegenseitige Einwirkung zwischen Ionen charakteristischen Art.

4. Nebelgrenzen zerfließender Kerne. Die mittlere Zunahme der Kernbildung δN pro cm Zunahme der Druckdifferenz δp variiert sehr schnell im Vergleich mit der Nebelgrenze δp_0, solange es sich um das Intervall einer großen Variation handelt. Es ist ganz gleichgültig, von welcher Strahlung die Kernbildung erzeugt wird, ob dies X-Strahlen oder andere sind.

Im allgemeinen besitzen die Kurven für N und δp eine doppelte Inflexion. Relativ große (wirksame) Nuklei nehmen ihrer Zahl nach schnell mit abnehmendem δp ab und relativ kleine Nuklei nehmen gleichfalls mit zunehmendem δp schnell ab. Nichtsdestoweniger gibt es wirksame Kerne von dazwischenliegender Dimension von allen möglichen Größen.

Die hier erwähnte Wirksamkeit hängt nicht nur von dem Apparat (Schnelligkeit der Luftverdünnung), sondern ganz besonders davon ab, inwieweit größere Kerne vorhanden sind, wobei man in Betracht ziehen muß, daß alle in Frage

kommenden Kerne in staubfreier Luft erzeugt werden.

5. Beständige Kerne. Wenn die X-Strahlenröhre der Nebelkammer näher gerückt wird oder wenn man eine wirksamere Röhre benutzt, sodaß die Dichte der Ionisierung im oberen Teile der Nebelkammer genügend erhöht wird, so übertrifft die Erzeugungsgeschwindigkeit der Kerne schließlich die Geschwindigkeit des Rückganges. Unter diesen Bedingungen handelt es sich nicht nur um eine Zunahme der Anzahl in dem Zeitraum, währenddessen die Exposition stattfindet, sondern besonders auch um eine Zunahme der Größe, d. h. die Kerne nehmen unbegrenzt zu. Sie sind jetzt stundenlang nach Aufhören der Strahlung beständig. Die Anzahl N pro ccm nimmt daher in merklichem Maße und mit beschleunigter Geschwindigkeit mit der Expositionszeit zu und zwar sicherlich 10 Minuten lang oder länger, wobei sie dem unvermeidlichen Verlust der Wirksamkeit der X-Strahlenröhre entgegenwirken. Diese Kerne sind groß und erfordern eine sehr geringe Übersättigung zu ihrer Kondensierung; sie gleichen so ziemlich irgendwelchen gewöhnlichen Kernen. Sie sind ganz ausgeprägt von allen Größen, und die anfänglichen Koronae sind einer Verzerrung und einer Schichtenbildung ausgesetzt, die sie schließlich unkenntlich macht. Wirbelnder Regen (Kap. 7, 19) und Nebel begleiten die erste Kondensierung. Während kleine Kerne in der ganzen Kammer vorkommen, ist das Ende in der Nähe der Röhre zunächst der Sitz eines allmählich nach dem anderen Ende weitergehenden Anwachsens, wie ich an anderer Stelle gezeigt habe. [1])

Beide äußersten Kernformen und alle dazwischen liegenden treten jetzt zusammen auf, wie man durch Veränderung der Druckdifferenz δp bei der Evakuierung prüfen kann. Dazwischenliegende Geschwindigkeiten der Erzeugung und des Rückganges lassen sich erzielen, indem man die Röhre dem Ende der Nebelkammer nähert oder sie von ihm entfernt. Schließlich stehen die Geschwindigkeiten, mit denen die Kerne und die Ionisierung gewöhnlich zurückgehen, und zwischen denen man im Falle sehr zerfließender Kerne nur schwer würde unterscheiden können, im schärfsten Gegensatz zu der Beständigkeit der Kerne des vorliegenden Kapitels. Wenn man N in Tausenden von Kernen pro ccm und die Zeit des Abfalls t in Sekunden ausdrückt, so zeigt die Gleichung

$$\frac{1}{N} = a + bt$$

(die hier nur wenig angebracht ist), daß b gleich 0,000013, also mehr als 200mal kleiner als in Kapitel 3 ist. Die Zahl der erzeugten beständigen Nuklei variiert mit der Expositionszeit mit einer größeren Geschwindigkeit, als wenn die Nuklei selbst bei der Erzeugung mit beteiligt wären (vergl. Kap. 12). Z. B. waren bei δp = 19,7 cm, nach 1, 2 und 3 Minuten Exposition die Kernbildungen bezw. $N \times 10^{-3} = 22{,}77$ 120.

6. Die Größenordnung der beständigen X-Strahlen-Nuklei. Diese Größenordnung läßt sich als Funktion der zur Erzielung der Kondensation erforderlichen Druckdifferenz ausdrücken. Leider werden die Koronae bei der ersten Evakuierung leicht verzerrt, während sie bei Abnahme der Druckdifferenz δp immer diffuser werden und sich ebensowenig für Messungen eignen. Ich habe deswegen die Anzahl der Teilchen, die bei einer zweiten Luftverdünnung vorhanden sind, bei einer gegebenen Kernbildung abgeschätzt. Diese Koronae sind klein aber scharf, und die Nebelteilchen kondensieren sich auf den Wasserkernen, die von der ersten Evakuierung herrühren. Man kann angenähert abschätzen, daß ungefähr 10% der ursprünglichen Anzahl Nuklei auf diese Weise kondensiert werden. Wichtig ist es, daß diese Nuklei zu ihrer Kondensierung fast keine Übersättigung erfordern. Verschwommene Koronae werden durch verschwindende Druckdifferenzen erzielt. Daraus folgt, daß diese Kerne ungefähr von der Größe gewöhnlicher staubförmiger Nuklei sind.

7. Zerfließende Nuklei werden beim Auflösen beständig. Die Nebelkammer möge der Strahlung einige Sekunden lang ausgesetzt und hierauf wie gewöhnlich evakuiert werden (δp = 25). Der Evakuierhahn wird geschlossen, und man wartet nur gerade so lange, wie zur Messung der ersten Korona erforderlich ist. Dann wird der Einflußhahn geöffnet und die Nebelkammer mit staubfreier Luft wieder gefüllt. Die beobachtete (primäre) Korona wird auf diese Weise zerstreut, bevor Nebelteilchen in irgendwelcher größeren Menge sich niedersetzen können, obwohl natürlich der Regen heraustreten wird. Wenn man nun die Nebelkammer 1—2 Minuten oder länger sich selbst überläßt (nachdem die Strahlung unmittelbar nach der ersten Evakuierung abgeschaltet worden ist), so zeigt eine zweite Evakuierung bis auf die angegebene Grenze eine bedeutende sekundäre Korona im Verhältnis zu der primären Korona. Mit anderen Worten, verhältnismäßig viele von den zerfließenden Nuklei oder Ionen, die in dem ersten Nebel sich niedergesetzt haben, sind von Bestand geblieben, während sie ohne Kondensierung sofort nach dem Ausschalten der Strahlung verschwunden wären.

Die Versuche werden durch die veränderliche X-Strahlenröhre komplizierter gestaltet: es ist jedoch augenscheinlich, daß zwar ohne

1) American. Journ. Sc. 19, 175, 1905.

Kondensierung alle Nuklei in wenigen Sekunden verschwunden sein würden, aber ein Viertel etwa (und bei anderen Versuchen noch mehr) nach Kondensierung aus Nebelteilchen beim Wiederverdampfen unbegrenzten Bestand behalten.

Dieses Ergebnis ist von großer Wichtigkeit für die ganze Erscheinung der Kondensation und Kernbildung. Klar ist es, daß letztere nach der angegebenen Verdampfung Lösungs- oder Wasserkerne werden, bei denen der ursprüngliche zerfließende Kern oder das Ion sich wie eine gelöste Substanz verhält. Der verminderte Dampfdruck, der auf Rechnung der Lösung kommt, kompensiert schließlich den Zuwachs an Dampfdruck, der auf Rechnung der Krümmung kommt, und hierauf hört bei einem bestimmten Radius die Verdampfung auf und entsteht ein Wasserkern. Ein derartiger Kern ist zwar klein, muß aber im Vergleich zu dem aufgelösten Ion groß sein. Beim Kondensieren werden daher die Wasserkerne die Feuchtigkeit am schnellsten auffangen und am größten werden. Die Beständigkeit bei der 1—3 Minuten dauernden folgenden Verdampfung war nicht merklich verschieden und wies auf lange Abnahmezeiten hin.

8. Lösungsvergrößerung der Nuklei in staubfreier Luft. Der interessanteste Fall, den ich beobachtet habe, ist die beträchtliche Abnahme der Nebelgrenze staubfreier Luft, die durch Lösung der Nuklei hervorgebracht werden kann. Die erste Evakuierung möge beträchtlich oberhalb der Nebelgrenze $\delta p_0 = 22$ cm (z. B. bei $\delta p = 23$ cm) vorgenommen werden, um eine Korona von beträchtlicher Größe zu erzielen. Beim Verdampfen der Nebelteilchen möge die zweite Evakuierung wesentlich unterhalb der Nebelgrenze (z. B. bei $\delta p = 21$ cm) vorgenommen werden. Eine große Korona, die sonst vollständig fehlen würde, ist dann zu beobachten. Innerhalb dreier Minuten behalten etwa 25 % der Nuklei Bestand.

9. Abwechselndes Auftreten großer und kleiner Koronae. Periodische Verteilung wirksamer Nuklei in staubfreier Luft. Die fraglichen Koronae sind als obere und untere Korona zu unterscheiden. Sie werden bei nacheinander erfolgendem Evakuieren von staubfreier Luft unter ganz identischen Versuchsbedingungen erzielt, indem filtrierte Luft in den Zwischenpausen des Evakuierens eingeführt wird, nachdem alle Nebelteilchen sich abgesetzt haben. Die wirksamen Nuklei sind daher abwechselnd in großer und in kleiner Zahl vorhanden und zwar gewöhnlich in dem Verhältnis von ungefähr 8 zu 1. Alle graphischen Darstellungen zeigen, daß auf verhältnismäßig hohe untere Koronae (h) verhältnismäßig niedrige, obere Koronae (l) folgen und daß nach niedrigen unteren Koronae verhältnismäßig hohe, obere Koronae kommen. Außerdem kommen Koronae von mittlerer Öffnung nach solchen von derselben Art, so daß das periodische Verhalten aufhört.

10. Ursache der Periodizität. Bei großen und kleinen Koronae, gleichviel ob die Beständigkeit dem elektrischen Potential oder der Lösung zuzuschreiben ist, handelt es sich stets um einen Wassernukleus. Kleine Nebelteilchen fangen sich auf kleinen Kernen, die der Evakuierungsgrenze nahe kommen; diese verdampfen und bilden die für die nächste Evakuierung zu verwendenden Wasserkerne. Im allgemeinen handelt es sich bei jeder Evakuierung um drei Gruppen von Nuklei, x, y, z: eine Gruppe x von Wassernuklei bildet die vorhergehende Evakuierung; eine Gruppe z verdampft und stellt die Wasserkerne der nachfolgenden Evakuierung dar, und schließlich kommt die Gruppe y, die solche Kerne in sich begreift, die zur Bildung der wirksamen Kerne der fraglichen Evakuierung geeignet sind.

11. Sekundäre Bildung. Dies ist eine seltsame Erscheinung, aus der hervorgeht, daß der zurückgehende Nukleus anscheinend radioaktiv ist oder daß die Wände der Nebelkammer es sind, oder daß schließlich die großen Nuklei, wenn man sie sich selbst überläßt, in eine Anzahl (im Durchschnitt etwa 3) kleine Nuklei zerfallen, wodurch die Kernbildung tatsächlich in der Zeit nach der Exposition erhöht wird. Mit anderen Worten, wenn die Kernbildung in dem einen Falle ohne Abschalten der Strahlung und dann wieder eine ganz ebenso hervorgerufene Kernbildung eine gewisse Zeit nach Aufhören der Strahlung beobachtet wird, so ist die Anzahl im letzteren Falle (was recht auffällig ist) größer.

Die Erscheinung verschwindet, wenn die Strahlung zu schwach ist, um beständige Kerne zu bilden, also wenn entweder die Röhre ihre Wirksamkeit verliert oder sich in zu großer Entfernung von der Nebelkammer befindet.

12. Der die X-Strahlenröhre umgebende Raum ist mit Strahlungen erfüllt. Während die Phosphoreszenz sowie die photographischen und elektrischen Wirkungen der X-Strahlen schnell mit der Entfernung D von der Röhre abnehmen, ist die kernbildende Wirkung (die Zahl N der sofort pro ccm erzeugten Kerne) über verhältnismäßig sehr bedeutende Entfernungen [1]) ziemlich konstant. Um zwei Beispiele herauszugreifen ($\delta p = 25$ cm).

1) Wir wollen annehmen, daß die Nebelkammer nicht in undurchdringlichem Metall oder Glas eingeschlossen ist. Im letzten Falle besteht Konstanz von N bis auf 20 % über 6 Meter, wenn die Bleihülle nur nach X-Strahlenröhre hin offen ist.

$D =$ . . .	6	200	600	6	200	600	cm,
$N \times 10^{-3}$	88	83	83	79	79	79	„

Die Gesetze der umgekehrten Quadrate würden eine Abnahme von 10,000 bis 1 innerhalb dieser Grenze voraussagen; der phosphorierende Schirm ist denn auch wirklich in 6 cm Entfernung intensiv leuchtend, bei einer Entfernung von 200 cm sehr trübe, und bei 600 cm wie bei irgendeiner gewöhnlichen Beleuchtung sehr dunkel. Das mit Kernen erzielte Ergebnis ist ganz auffallend; die die Kerne erzeugende Strahlung scheint zunächst einen außerordentlich durchdringenden Charakter zu besitzen, ähnlich wie die γ-Strahlen des Radiums und ganz anders wie die gewöhnlichen phosphoreszenzerzeugenden X-Strahlen. Dieser Eindruck wird durch den Umstand verschärft, daß die Strahlung durch viele Zentimeter dicke Bleischirme sich nicht aufhalten läßt, die man zwischen der Röhre und der Nebelkammer anbringt.

Ferner gibt die X-Strahlenröhre anscheinend diese Strahlung ebenso nach vorn als nach hinten ab; 81 % gehen nämlich anscheinend von der Hinterseite aus.

Selbst das Umkehren des Stromes hält die Strahlung nicht auf, da ungefähr 16 % der normalen Intensität, wenn der Konkavspiegel zur Anode gemacht wird, immer noch zur Ausstrahlung kommen.

Die gesamte wirksame Strahlung läßt sich durch einige Millimeter oder noch weniger dicke Bleischirme auf eine Grenze reduzieren; hierauf läßt sie sich aber nicht weiter verringern, selbst wenn man viele Zentimeter dicke Bleischirme einschaltet. Wenn z. B. die Strahlung aus 600 cm Entfernung herkommt, ist eine einzelne Bleiplatte (0,14 cm Dicke) mehr als genügend, um die wirksame Strahlung auf ein Minimum zu reduzieren, das etwa (etwas weniger als) die Hälfte der Gesamtintensität beträgt, wenigstens dann, wenn man sie als Funktion der erzeugten Kernzahl abschätzt.

13. Bleikasten-Nebelkammer. Um diese Ergebnisse zu deuten ist es erforderlich, die Nebelkammer mit einem Bleikasten zu umgeben, der auf der der X-Strahlenröhre gegenüberliegenden Seite einen Deckel besitzt; denn wenn auch selbst die oben angebrachten Bleiplatten die Primärstrahlen mit genügender Wirksamkeit ausschalten können, so würden sie doch die Sekundärstrahlung frei durch die Breitseiten der Nebelkammer eintreten lassen. In diesem Falle reduzierten die Ergebnisse die Durchdringbarkeit des Bleies zu einem mäßigeren Betrage, d. h. 14 %, 9 % und 7 % der Gesamtintensität gehen bezw. durch 1, 2 und 3 Platten von je 0,14 cm Dicke.

Hieraus ergibt es sich, daß bei den obenerwähnten Beispiel (Kap. 12) annähernd die Hälfte der Gesamtstrahlen auf Rechnung von Sekundärquellen kam, da die Primärstrahlung sicherlich bis auf 10 % durch die Bleiplatten ausgeschaltet wurde. Der Nebelkammer gegenüber erscheinen daher die Wände des Zimmers in voller Bestrahlung und ganz unabhängig von der Lage, in der man die Röhre anbringt (bei den Beobachtungen, die in Abständen von je 6 cm zwischen der Röhre und der Kammer erfolgten), ist die X-Strahlenbeleuchtung, die von der primären und sekundären Quelle herkommt, überall konstant. Wohl verstanden, kann die hiererwähnte „X-Strahlenbeleuchtung" korpuskular sein.

Das Verhalten der hölzernen Nebelkammer gegenüber den aus verschiedenen Entfernungen kommenden Strahlen war so, als ob das umgebende Medium gleichfalls mit irgend etwas energisiert wäre, das an den Charakter galvanischer Polarisation in jeder Hinsicht erinnerte: die folgenden Durchschnittsangaben sind daher geeignet, auf dieses Verhalten weiteres Licht zu werfen.

Nebelkammer . . . $D =$	6	50	200	600 cm
Holz, mit Bleikasten $10^{-3} N =$	50		50	38 „
Glas, Wände, 0,3 cm dick	70		41	22 „
Boden 1,0 cm dick . . .	55		34	14 „
Dito, innerhalb eines eng anschließenden Bleirohres angebracht, das sich 50 cm nach der Röhre hin ausdehnte	—(1)52		25	12 „

Der Umstand, daß für die sehr durchdringliche, hölzerne Nebelkammer das Medium bis auf eine Kugel von mindestens 6 m Radius überall fast gleichmäßig energisiert bleibt, ist ein wichtiges Ergebnis.

14. Kernbildung auf Rechnung von γ-Strahlen. In welchem Maße Kernbildung durch γ-Strahlen verursacht werden kann, läßt sich vermittels Radium feststellen, das man in einer dicken Bleikammer einschließt, Die Ergebnisse bestätigen dies auffällig. Z. B. waren die Daten bei 10 Milligramm Radium (10000 ×), das ich in einer hermetisch geschlossenen Aluminiumröhre und außerhalb aber dicht dem Ende der Nebelkammer (Boden etwa 1 cm Dicke, Wände 0,3 cm Dicke) anbrachte, die folgenden:

Radium in verlötetem Aluminium $10^{-3} N = 27$ Durchlaßfähigkeit 100 %, Radium in Bleiröhre von 0,5 cm $10^{-3} N = 23$ Durchlaßfähigkeit 85 %, Radium in Bleiröhre von 1,0 cm Dicke $10^{-3} N = 18$ Durchlaßfähigkeit 69 %.

Die Kernbildung kommt daher in sehr großem Maße auf die Rechnung dieser außerordentlich durchdringenden Strahlung. Bei der Verwendung von Bleiröhren, die mit Kappen versehen waren, oder aber solche nicht besaßen, 30 und 60 m lang waren und parallel zu der Nebelkammer

und in Berührung mit ihren Seiten angebracht wurden, war keine Wirkung einer sekundären Strahlung zu erkennen, wobei die wirksame Strahlung durch die Bleiwände wie angegeben hindurchging.

Im Vergleich mit der reichlichen Kernbildung nach der angegebenen Durchdringung ist die Abnahme der Kernbildung, die man dann beobachtet, wenn die Röhre sich in verschiedenen Entternungen D von der Nebelkammer befindet, außerordentlich groß.

Z. B.:

$D =$	. . . 0	10	30	50	100	200 cm
$N \times 10^{-3} =$	30	14	8	5	3	2 „

Während demnach die Wirkung der Entfernung bei X-Strahlen sehr gering ist, ist sie bei Radium sehr bedeutend. Andererseits zeigen Radiumstrahlen eine außerordentliche kernbildende Fähigkeit, nachdem sie mehrere Zentimeter Blei durchdrungen haben, während die kernbildende Fähigkeit von X-Strahlen nach dieser Durchdringung im Verhältnis unbeträchtlich ist.

15. Verteilung der Kernbildung innerhalb der Nebelkammer. Radium. Wenn schließlich die Strahlen einmal in die Nebelkammer eingetreten sind, erscheint die Kernbildung an der Achse ziemlich gleichförmig. Messungen sind schwierig; während aber die Kernbildung annähernd auf ein Viertel abnimmt, wenn das Radium außerhalb der Nebelkammer, 40 cm in der Achse von dem Ende entfernt, angebracht ist, sind die Koronae über 40 cm innerhalb der Nebelkammer fast von derselben Öffnung, gleichviel welche Lage die Radiumröhre hat.

16. X-Strahlen-Fortsetzung. Wenn die X-Strahlenröhre von der Nebelkammer entfernt ist und wenn die Nuklei zerfließender Natur sind, so sind sie augenscheinlich innerhalb der Kammer gleichmäßig verteilt und befinden sich überall bei der gegebenen Strahlungsintensität auf Sättigungsdichte.

Die Verhältnisse liegen jedoch ganz anders, wenn sich die Röhre in der Nähe der Kammer befindet und die Kerne beständiger Natur sind. Wenn wir in einem solchen Falle zwischen der A- und der B-Seite der Nebelkammer (wobei A der Röhre näher liegt) unterscheiden und eine Druckdifferenz δp anwenden, die sicherlich unterhalb der Nebelgrenze δp_0 für staubfreie Luft liegt, so befinden sich die Nuklei innerhalb des gegebenen Kondensationsbereiches für kurze Expositionszeiten nur auf der A-Seite. Die Koronae sind von verhältnismäßig geringen Dimensionen und rundlich, und ihre Öffnung nimmt bis auf einen verschwindenden Winkelradius von dem Ende der Kammer an, an dem sich die Röhre befindet, nach der Mitte hin ab. Dahinter sind die Kerne auf der rechten Seite zu klein, um der gegebenen Druckdifferenz δp zu entsprechen, und die B-Seite bleibt bei der Luftverdünnung klar. Wenn man die Expositionszeit der X-Strahlung von 1 bis auf 10 Minuten erhöht, so wird die Kernbildung auf der A-Seite dichter, gröber und ungleichförmig, sowohl in vertikaler als in horizontaler Richtung, während die wirksamen Kerne in beständig zunehmender Anzahl und in immer größerer Entfernung auf der B-Seite zu finden sind, bis diese schließlich in der ganzen Kammer vorhanden sind. Das Anwachsen der Koronae, das man bei der ersten Evakuierung nach immer größer werdenden Expositionszeiten sieht, zeigt eine charakteristische Aufeinanderfolge von Typen, die von rundlicher nach ovaler Form (beim Durchsehen durch den Glasplattenapparat) und dann zu spindelartigen, kürbisähnlichen mit langem, schlangenförmigem Hals und schließlich keilartigen Formen übergehen und daher fortdauernd eine Symmetrie um die mittlere, horizontale Gesichtsebene zeigen, trotz der wirbelnden Regen und der Nebel, die mit dichten Schichten die vorgeschrittene Kondensation begleiten. Die Beugungsform dauert nur einen Augenblick, denn wenn auch die Kerne je nach der gegebenen Verteilung suspendiert sein können, so ist dies bei schweren Nebelteilchen nach ihrer Kondensation doch nicht möglich.

Die Erscheinungen stehen offenbar mit dem Ursprung beständiger Nuklei in grundlegendem Zusammenhang und sind ihren Dimensionen nach abgestuft, wobei sie von der A-Seite nach der B-Seite hin sowie auch von der Mittelebene durch die Oberseite und den Boden der Kammer aus abnehmen.

17. Ursprung der dauerhaften X-Strahlenkerne. Wenn wir annehmen, daß die Nebelteilchen von der Mittelebene aus nach der Ober- und Unterseite der Nebelkammer hin größer werden, so müssen die Kerne entweder nach der Oberseite und dem Boden sowie auch nach der Röhre hin von großen Dimensionen oder aber von geringerer Anzahl sein. Von letzterem Fall kann man absehen; es folgt dann hieraus, daß die Schichten stagnierender, ursprünglich staubfreier Luft innerhalb der Kammer immer reicher an verhältnismäßig großen Nuklei werden, je näher sie der Ober- und Unterseite und dem Ende zu liegen.

Der Fall liegt daher so, als ob die beständigen Nuklei durch den Aufprall von X-Strahlen genügender Intensität auf festen und flüssigen Teilen des Gefäßes erzeugt würden. Oder man kann feststellen, daß die sekundäre X-Strahlung, die in der Nähe der Gefäßwände wirksam ist, an Wänden besonders intensiv ist, sodaß die Zunahme der Nuklei in dem angrenzenden Felde ionisierter Luft in diesen Teilen

am schnellsten vor sich geht. In jedem Falle ist die Anzahl wirksamer Nuklei in der Nähe der horizontalen Symmetrieebene anscheinend groß, da diese Nuklei annähernd von einer Größe sind und daher sämtlich für Kondensation geeignet sind. Die Zahl wirksamer Nuklei in der Nähe der Wände ist größer, weil hier große und kleine Nuklei miteinander vermengt auftreten und die erstgenannten fast alle Feuchtigkeit in diesen Teilen auffangen. Die wirklich hier stattfindende Kernbildung muß jedoch außerordentlich groß sein, und wegen der verhältnismäßig großen Dichte der fraglichen Kernbildung wird die schnelle und ausgeprägte Zunahme der Nuklei möglich.

18. Gewöhnliche Nuklei. Die beständigen Kerne von Kapitel 5 wurden durch Strahlung in einem Medium von feuchter Luft erzeugt, wobei es speziell darauf ankam, den Eintritt von Fremdkörpern in die Nebelkammer zu vermeiden. Es ist jedoch bekannt, daß sich Kerne durch irgendein gründliches Reibungsverfahren erzeugen lassen, das einfach mechanisch sein kann, wie bei der durch Umrühren und durch den Aufprall von Strahlen hervorgerufenen Zerstäubung von Wasser. Die benutzten Mittel können von verfeinerter physikalischer Beschaffenheit sein, wie z. B. Zündung oder hohes elektrisches Potential; oder von chemischer Natur, wie Verbrennung und langsame Oxydation des Phosphors. Es ist bemerkenswert, daß bei allen diesen Vorgängen nicht nur Ionisierung stattfindet, sondern daß die Ionisierung und die bei irgendeinem gegebenen Vorgang hervorgerufene Kernbildung proportional verlaufen. Dieses wichtige Ergebnis läßt sich bei Phosphorkernen zeigen, indem man wie gewöhnlich den Kondensator und das Elektrometer für die Ionisierung und den Dampfstrahl für die Kernbildung benutzt. Auch bei Wasserkernen ist dies möglich, indem man Wasser vermittels Strahlen in der Nebelkammer zerstäubt und die Kernbildung nach der Koronamethode und die Ionisierung durch Entladung der mit Wasserkernen geladenen Luft durch einen röhrenförmigen Kondensator bestimmt. In diesen beiden Fällen läßt sich ein bestimmter Betrag von Kernbildung oder Ionisierung hervorrufen und nach Belieben regulieren.

19. Wasserkerne. Lösungskerne im allgemeinen. Abgesehen von den in den Kapiteln 10 und 11 angegebenen Funktionen ist es klar, daß der Wasserkern eine wichtige Rolle bei allen Kernbildungserscheinungen spielen muß. Es erscheint wahrscheinlich, daß unmittelbar nach der Luftverdünnung eine Fällung auf allen großen und kleinen Nuklei innerhalb des Bereiches der angewandten Druckdifferenz stattfindet. Die kleineren Nebelteilchen fangen dann sofort zu verdampfen an und zwar bis zu der wegen der zunehmenden Dimensionen eintretenden Abnahme des Dampfdruckes; hierauf hört die Verdampfung auf. Dies ist die Bedingung für die Beständigkeit eines Nukleus, dessen schließliche Größe von der ursprünglichen Stärke der teilweise verdampften Lösung abhängt. Klar ist es, daß der Wasserkern stets größer als der ursprüngliche Kern ist, den er in Lösung enthält.

Erscheinungen dieser Art lassen sich in der Weise prüfen, daß man Lösungen verschiedener Körper in verschiedenen Lösungsmitteln von verschiedener Stärke (von reinem Lösungsmittel an) in derselben Weise schüttelt. Als Lösungsmittel ist Wasser oder irgendeine andere flüchtige Flüssigkeit zu benutzen. Die Zahl der unter sonst gleichen Verhältnissen erzielten Nuklei variiert sowohl mit dem Lösungsmittel als mit dem gelösten Körper. Als ich z. B. 10 % ige Lösungen in gleicher Weise schüttelte und die Zahl der Nuklei N nach den in jedem Falle beobachteten Koronae abschätzte, wurden folgende Daten gefunden: Reines Wasser $N = 130$; organische im Wasser aufgelöste Körper (Sukrose, Glukose, Glyzerin, Harnstoff usw.) $N = 600$; in Wasser aufgelöste Mineralsalze (Nitrate, Chloride, Sulfate etc.), $N = 1300$; Naphtalin in Benzol aufgelöst, $N = 3500$; Paraffin in Benzol, $N = 5000$. Eine bestimmte Abgrenzung in Gruppen ist daher augenscheinlich; es ist jedoch schwierig, eine Erklärung selbst vermutungsweise zu äußern.

Wenn das Lösungsmittel rein ist, so sind die durch Schütteln erzeugten Nuklei außerordentlich zerfließlicher Natur, ein Ergebnis, das man ihrer verhältnismäßig geringen Größe zuschreiben muß. Mit zunehmender Konzentration ist eine auffällige Beständigkeit zu beobachten. Wenn das Lösungsmittel ein Kohlenwasserstoff etc. ist, so sind die Nebelteilchen verhältnismäßig groß im Vergleich mit Wasserteilchen (unter sonst gleichen Bedingungen). Die Koronae bleiben daher normal (weißer Mittelpunkt mit der gewöhnlichen Beugungsform), selbst wenn die Kerne zu Millionen pro Kubikzentimeter vorhanden sind. Diese Koronae sind zudem außerordentlich glänzend, und, abgesehen von der Schwierigkeit, die schweren Dämpfe gesättigt zu erhalten, würden sie überaus gute Bedingungen für das Messen der Kernbildung darbieten.

20. Gewöhnliche, staubfreie Luft ein Aggregat von Kernen. Der Dampfstrahl zeigt, daß Kerne von verhältnismäßig kleinen Dimensionen, die aber nichtsdestoweniger im Vergleich zu den Molekülen der Luft groß sind, in staubfreier Luft normal vorhanden sein müssen; die Axialfarben lassen sich nämlich durch Festsetzen der Übersättigung permanent auf irgendeiner Stufe erhalten. Derartige

Nuklei können kolloidale Moleküle genannt werden, da selbst die größten viel kleiner als Ionen sind. Überdies nehmen die vorhandenen Nuklei, die Millionen pro Kubikzentimeter ausmachen, mit außerordentlicher Geschwindigkeit mit der Übersättigung zu, — in dem Maße, wie man den molekularen Dimensionen näher kommt. Aber selbst wenn das Gelb in der ersten Ordnung verschwindet, so tritt Kondensation wahrscheinlich immer noch an den angegebenen Kolloidalmolekülen ein.

21. Mikrophotographie von Nebelteilchen. Durch Photographieren der an den Kernen gebildeten Nebelteilchen läßt sich viel in bezug auf ihre Verteilung und ihre Dimensionen lernen. Hierzu ist Erfahrung erforderlich; man kann es jedoch in der Weise ermöglichen, daß man die Nebelteilchen während ihres Absetzens in der Nebelkammer auf einem Film klebrigen Öles auffängt. Die Abscheidung wird unter das Objektiv eines Mikroskops gebracht, das durch die Kammerdecke hindurchgeht und hermetisch verschlossen ist. Ein solches Bild zeigt die nebenstehende Figur 1.

22. Die Kernbildung filtrierter Luft. Wenn das Filtrieren mäßig langsam erfolgt und die Druckdifferenz δp kontinuierlich zunimmt, so endigt der Winkeldurchmesser der Korona oder sein Äquivalent s in einer horizontalen Asymptote. Darnach nähert sich die Zahl der wirksamen Nuklei in dem verdünnten Behälter schließlich einer Konstante, die für die gegebene Filtriergeschwindigkeit spezifisch ist. Es ist daher wahrscheinlich, daß äußerst kleine Nuklei oder Kolloidalmoleküle (die selbst im Vergleich zu Ionen sehr klein sind) durch das Filter hindurchgehen; in diesem Falle würden nämlich um so zahlreichere Nuklei während des Einflusses der filtrierten Luft in die Nebelkammer eintreten, um die durch Filtrieren entfernten zu ersetzen, je größer diese Verdünnung (δp) ist.

Wenn der durch das Filter hindurchgehende Luftstrom nacheinander Zunahmen erfährt, bis seine Geschwindigkeit nahe daran ist zu verschwinden, so läßt sich die fragliche Asymptote außerordentlich erhöhen, bis die Kurve mit fast geradem Schwunge nach oben geht.

Seit dem 9. Mai werden Versuche in unserem Laboratorium angestellt, bei denen die Kernbildung filtrierter Luft täglich mit Bezug auf die zeitliche Veränderung untersucht wird. Zum Schutze gegen fehlerhafte Auslegung war es nötig, zwei Nebelkammern nebeneinander anzubringen, von demselben Filter die Luft zu beziehen und dasselbe Evakuierungssystem zu benutzen.

23. Die Kernbildung atmosphärischer, nichtfiltrierter Luft-Staubgehalt in Providence, U. S. A. In der Annahme, daß ein Medium mit starker Kernbildung unabhängig von dem Ursprung der Nuklei von besonderem Interesse ist, führen wir in unserem Laboratorium seit 1902 Messungen der atmosphärischen Kernbildung aus. Vier oder mehr Beobachtungen wurden täglich nach der Koronamethode ausgeführt; die Einzelheiten lassen sich jedoch hier nicht angeben.[1])

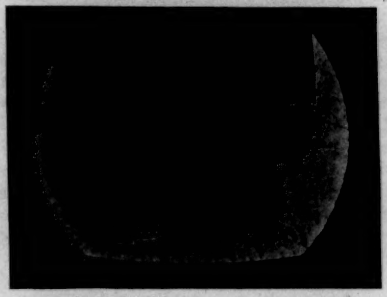


Fig. 1.

Die allgemeinen Ergebnisse lassen sich in der Weise beleuchten, daß man die durchschnittliche monatliche Kernbildung vergleicht, wie diese durch die untenstehende graphische Darstellung in Fig. 2 (51) wiedergegeben ist, bei der die Ordinaten die Kernbildung in Tausenden pro Kubikzentimeter darstellen. Hier treten die Verschiedenheiten und die Berührungspunkte der beiden Kurven stark hervor. Was die Berührungspunkte anbelangt, so streben beide Kurven darnach, Maxima in der Nähe des Wintersolstitiums und flache Minima, die zu Regen stark Anlaß geben, ungefähr zur Zeit der Sommersonnenwende zu zeigen. Wegen der außerordentlichen Verschiedenheit der Kernbildung bei dem Maximum und dem Minimum ist es klar, daß astronomische Ursachen nicht direkt in Frage kommen können. Der Ursprung der Kernbildung muß zu einem großen

1) Cf. Smithsonian Contributions, 1905, Kap. IX.

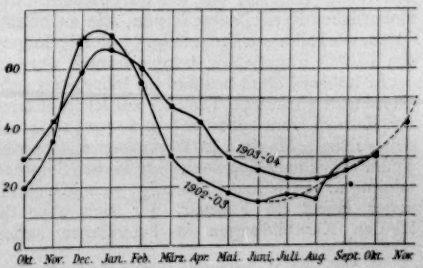


Fig. 2.

Teile lokaler Ordnung sein, da die Nuklei selbst die anfänglich ionisierten Verbrennungsprodukte sind.

Durchschnittliche monatliche Kernbildungen n der unfiltrierten Atmosphäre in Providence (n) und in Block Island (n^1) November 1904 bis Mai 1905.

Providence		Block Island		Radius
Monat	$n \times 10^{-3}$	Monat	$n^1 \times 10^{-3}$	n/n^1
November	53	November [1]	< 7	—
Dezember	69	Dezember	7,1	10
Januar	66	Januar	5,5	12
Februar	72	Februar	13,9	5
März	47	März	7,9	6
April	40	April	5,0	8
Mai	—	Mai [2]	< 5	—

Die Kernbildung wird durch Regen und vielleicht auch (nach der Länge des Sommertages im Vergleich zu dem Wintertage) durch Lichtdruck herabgedrückt.

24. Vergleichung des Staubinhalts der Atmosphäre in Providence und Block Island, U. S. A. Um die fraglichen Kurven vollständig zu erklären, d. h. um festzustellen, ob nicht schließlich doch ein kosmischer Effekt vorhanden sein kann, der über den beobachteten Lokaleffekt sich superponiert, ist es erforderlich, eine Anzahl Beobachtungen in einer Station auszuführen, die von menschlichen Wohnorten entfernter liegt. Deswegen wurden Messungen in Block Island gleichzeitig mit meinen eigenen Beobachtungen in Providence nach derselben Koronamethode ausgeführt. Beide Stationen liegen genügend nahe aneinander, um fast dieselben meteorologischen Elemente in bezug auf Wind und Wetter zu besitzen; Block Island liegt jedoch an der See und ist wenigstens im Winter fast frei von lokalen Einwirkungen.

Die durchschnittlichen täglichen Kernbildungen für beide Stationen sind in Fig. 53 der Hauptabhandlung angegeben; wie zu erwarten ist, zeigen die in Providence einen großen Überschuß. Wenn wir die Diskussion dieses Umstandes für eine andere Stelle vorbehalten wollen, so läßt sich doch genügend aus der durchschnittlichen monatlichen Kernbildung lernen, die an beiden Orten, wie in der erwähnten Fig. 53 und der folgenden Tabelle angegeben, vorgenommen wurden.

In beiden Fällen bestand im Jahre 1904/1905 eine augenscheinliche Tendenz zur Reproduktion der Kurven von 1902/1903 und 1903/1904 mit den scharfen Maxima in Dezember und hierauf einem schnellen Gang nach dem flachen Sommerminimum. In jedem Falle zeigt sich jedoch ein neuer Effekt im Februar, der sich über die lokalen Kernbildungen in Providence superponiert und deswegen nur als bestimmte Abweichung von den Kurven früherer Jahre in die Erscheinung tritt; von den Beobachtungen in Block Island, wo die lokale Wirkung verhältnismäßig unbeträchtlich ist, tritt dieser Effekt jedoch auffällig hervor. Von der Quantität abgesehen, sind die Schwankungen beider Kurven von gleichem Charakter.

Was schließlich die Ursachen des gewöhnlichen Sommersonnenwenden-Maximums, des Minimums der Wintersonnenwende und des sekundären Maximums im Februar dieser Jahre anbelangt, so dürften diese die verringerten lokalen Wirkungen darstellen, die über eine ungeheure Gebietsausdehnung durch das Fegen des Windes auf einen Durchschnittswert gebracht werden. Es ist jedoch ganz ebenso berechtigt, sich der Möglichkeit nicht zu verschließen, daß wenigstens das Februarmaximum eine äußere Invasion der Atmosphäre von seiten irgendeines äußeren, kernerzeugenden Faktors darstellen könnte.

Brown University, Providence, R. J. Juli 1905.

(Aus dem Englischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 20. September 1905.)

1) Nach dem 21. November; zu groß für den Monat.
2) Nur vom 1. bis 3. Mai; zu groß für den Monat.

Percival Lewis (Berkeley), Die Geschwindigkeit von Ionen in den Gasen farbiger Flammen.

Die Geschwindigkeit der Ionen in den Gasen der farblosen Bunsenflamme ist von Mc Clelland gemessen worden.[1]) Seine Ergebnisse zeigen (nach der Korrektur mit Bezug auf den augenscheinlichen Fehler, der bei der Umformung natürlicher in gewöhnliche Logarithmen begangen worden ist) spezifische Ionengeschwindigkeiten von ungefähr 0,53, 0,48, 0,09 cm pro Sekunde in Bereichen, deren Temperatur bezw. 230°, 160° und 105° beträgt. Niemand scheint jedoch die Geschwindigkeit der Ionen in Gasen von mit Metallsalzen gefärbten Flammen bestimmt zu haben.

Der Schreiber dieses hat gefunden, daß die Entladungsgeschwindigkeit eines einer Bunsenflamme genäherten Elektroskops bedeutend vermindert wird, wenn ein Salz irgendeines Alkalimetalls in die Flamme eingeführt wird. Da die Ionisierung in der Flamme selbst hierdurch bedeutend erhöht wird, so schien es, daß die verminderte Leitfähigkeit der Flammengase auf Rechnung der verminderten Geschwindigkeit der Ionen der farbigen Flamme kam.

Die ersten Messungen wurden an den Ionen einer farblosen Flamme ausgeführt. Die Ergebnisse waren:

$v + = 32$ cm pro Sekunde pro Volt/cm
$v - = 33$ „ „ „ „ „

1) Mc Clelland, Phil. Mag. **46**, 29, 1898.

bei einer Temperatur von ungefähr 150°. Diese Ergebnisse stimmen ziemlich gut mit denen des Herrn Mc Clelland überein, der Geschwindigkeiten von 0,48 bei 160° und 0,09 bei 105° gefunden hat.

Ich fand, daß diese Geschwindigkeiten unverändert blieben, wenn entweder destilliertes oder Leitungswasser in die Flamme gespritzt wurde, woraus hervorgeht, daß die weiter unten beschriebenen Geschwindigkeitsveränderungen nicht durch Wasserdampf hervorgerufen wurden. Vorläufige Beobachtungen zeigten, daß die von der farbigen Flamme ausgesandten Ionen sich weit langsamer als die der farblosen bewegen. Um die Wirkungen letztgenannter Ionen auszuschalten, wurde daher die untere Elektrode *A* auf einer Ladung von einigen Volt erhalten, was zur Entfernung aller schnelleren Ionen ohne nennenswerte Beeinflussung der langsameren genügte.

Weitere Versuche zeigten, daß die Geschwindigkeit der von farbigen Flammen ausgehenden Ionen mit der Konzentration der benutzten Lösung variierte. Eine systematische Beobachtungsreihe wurde hierauf ausgeführt, bei der Lösungen verschiedener Konzentration von Salzen der Alkali- und Calciumgruppe benutzt wurden. Da es unmöglich war, die Verhältnisse (wie z. B. Höhe der Flamme, Gasdruck und Funktionieren des Spritzapparates) von einem Tag zum anderen konstant zu erhalten, so lieferte die Messung der Ionengeschwindigkeit der Ionen einer normalen *NaCl*-Lösung, die zu Anfang und zu Ende jeder Beobachtungsreihe an anderen Salzen ausgeführt wurde, einen Reduktionsfaktor, mit dem die zu verschiedenen Zeiten vorgenommenen Beobachtungen auf denselben relativen Maßstab reduziert werden konnten.

Einige Ergebnisse einer großen Anzahl von Beobachtungen an den einzelnen Salzen sind in der folgenden Tabelle gegeben:

Diese Zahlen zeigen, daß:

1. die Geschwindigkeit von Ionen desselben Vorzeichens aus äquimolekularen Lösungen aller Alkalimetalle sehr angenähert die gleiche ist;
2. die Geschwindigkeit aller Ionen gleichen Vorzeichens aus äquimolekularen Lösungen von Salzen der Calciumgruppe dieselbe und zwar etwas kleiner ist als die Hälfte der entsprechenden Geschwindigkeit bei Alkalimetallen;
3. die Geschwindigkeit der negativen Ionen etwas kleiner ist als die der positiven;
4. die spezifische Ionengeschwindigkeit im umgekehrten Verhältnis der Quadratwurzel der Konzentration variiert.

Man darf nicht vergessen, daß nur die relativen Werte dieser Zahlen von Bedeutung sind, da der absolute Wert von der unbekannten Konzentration des Salzes in der Flamme abhängt.

Die mit sinkender Temperatur abnehmende Geschwindigkeit der Ionen wird gewöhnlich der Bildung molekularer Aggregate an den einzelnen Ionen zugeschrieben, die wie bei der Kondensation von Wasserdampf um Ionenkerne herum erfolgt. Wenn dies die Erklärung der Geschwindigkeitsveränderungen ist, die von Konzentrationsveränderungen herrühren, so würde es scheinen, als ob in Flammengasen die Ionen metallischer Salze keine Aggregate mit den Molekülen atmosphärischer Gase, sondern nur mit Molekülen ihrer eigenen Art bilden.

Der Versuch zeigt, daß die freie Diffusion eines Gases in ein anderes mit einer Geschwindigkeit vor sich geht, die angenähert umgekehrt proportional zur Quadratwurzel des Molekulargewichts des diffundierenden Gases ist. Wie Townsend festgestellt hat, variiert der Koeffizient der Ionendiffusion in verschiedenen Gasen auch in roher Annäherung in demselben Verhältnis. Die von Zeleny, Rutherford, Chattock und anderen gemessenen Ionen-

Ionengeschwindigkeiten in Flammengasen.

Salzlösungen:

Konzentration	N		$^1/_4\ N$		$^1/_{16}\ N$		$^1/_{64}\ N$	
	+	−	+	−	+	−	+	−
$NaCl$	0,013	0,013	0,032	0,034	0,058	0,061	0,13	0,14
NaI	15	16	33	36	53	63	—	—
Na_2SO_4	17	19	31	35	55	65	0,13	0,19
$LiBr$	16	16	33	39	70	80	—	—
KI	16	16	26	27	60	75	0,16	0,18
KCl	—	—	30	34	70	80	0,12	0,14
Durchschnittswert	0,016	0,017	0,031	0,034	0,061	0,071	0,135	0,162
$\sqrt{\text{Konzentration}}$	160	170	155	170	153	178	169	200
$CaCl_2$	0,010	0,011	0,019	0,020	0,035	0,036	—	—
$Sr(NO_3)_2$	10	12	16	17	33	36	—	—
$BaBr_2$	8	10	16	19	27	29	—	—
$Mg(NO_3)_2$	9	11	21	—	28	—	—	—
Durchschnittswert	9	11	17	19	31	34	—	—
$\sqrt{\text{Konzentration}}$	90	110	85	95	78	79	—	—

geschwindigkeiten in verschiedenen Gasen folgen gleichfalls angenähert demselben Gesetz. Es bestehen dann empirische Beweise dafür, daß unter sonst gleichen Umständen die Beweglichkeit sowohl von Molekülen als Ionen unter der Einwirkung irgendeiner Kraft angenähert umgekehrt proportional zu der Quadratwurzel ihrer Masse verläuft.

Wenn ein Ion molekulare Aggregate um sich selbst herum als Kern bildet, so hängt seine Masse zu einem gegebenen Zeitpunkt von der Zahl der Moleküle ab, mit denen es in Kollision gekommen ist; die Anzahl der Kollisionen mit Molekülen der eigenen Art ist direkt zur Konzentration proportional. Hieraus folgt, daß die Masse des Ions direkt zur Konzentration und seine Geschwindigkeit umgekehrt proportional zur Quadratwurzel der Konzentration variiert.

Es wurde festgestellt, daß der Sättigungsstrom durch die Gase der gefärbten Flamme ungefähr 20mal größer ist als der durch die von der farblosen Flamme ausgehenden Gase und daß daher die Ionisierung in ersterer ungefähr 20mal größer ist. Da jedoch der ungesättigte Strom sowohl zur Ionisierung als zur Geschwindigkeit der Ionen proportional ist und da die Geschwindigkeit der Ionen einer gesättigten NaCl-Lösung nur ungefähr der 50. Teil derjenigen der Ionen einer farblosen Flamme ist, so ist die anscheinende Leitfähigkeit warmer Gase, die die letzteren bei elektromotorischen Kräften enthalten, die nicht dazu ausreichen, einen gesättigten Strom zu liefern, kleiner als die Hälfte der Leitfähigkeit von Gasen, die von einer farblosen Flamme ausgehen. Dies erklärt die verringerte Entladungsgeschwindigkeit eines Elektroskops durch Flammengase, wenn ein Alkalisalz in die Flamme eingeführt wird.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen von H. A. Wilson[1]) zeigt, daß die Geschwindigkeiten und der Unterschied zwischen den Geschwindigkeiten positiver und negativer Ionen mit der Temperatur schnell abnehmen.

	+ Ionen	— Ionen
In der Flamme bei 2000° (Wilson)	62 cm p. Sek.	1200 cm p. Sek.
In der erhitzten Röhre bei 1000° (Wilson)	7,2	26
In Flammengasen bei 150° (Lewis)	0,006	0,007

Diese Geschwindigkeiten sind den Ionen aller Alkalimetalle gemeinsam. Wilson hat festgestellt, daß in einer erhitzten Röhre bei 1000° die positiven Ionen von Metallen der Calciumgruppe eine Geschwindigkeit von 3,8 cm pro Sekunde besitzen, was etwas mehr als die Geschwindigkeit der Alkali-Ionen ist, die gleichfalls bei meinen Versuchen festgestellt wurde.

Es ist zu bemerken, daß Moreau[1]) gefunden hat, daß in der Flamme die Geschwindigkeit der Ionen metallischer Salze mit abnehmender Konzentration zunimmt, aber nicht angenähert so schnell wie bei den hier beschriebenen Versuchen.

1) Wilson, Phil. Trans. **192**, 499, 1899.

1) Moreau, Journ. de Phys. **2**, 556, 1903.

(Aus dem Englischen übersetzt von Alfred Gradenwitz.)

(Eingegangen 8. September 1905.)

Tagesereignisse.

Dem städtischen Höheren Technischen Institut zu Cöthen wurde durch Beschluß der Anhaltischen Regierung vom 1. Oktober 1905 ein neues Statut genehmigt, nach welchem diese akademische Lehranstalt in Zukunft den Namen „Städtisches Friedrichs-Polytechnikum" führen wird.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Redaktion von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt wurden: Der a. o. Professor der Physik an der Universität Rostock Dr. Richard Wachsmuth zum Professor an der Kriegsakademie in Berlin, der o. Professor für Schiffsmaschinen und Schiffskessel an der Technischen Hochschule in Charlottenburg Dr. Hans Dieckhoff zum technischen Direktor der Woermann- und Ostafrikalinie in Hamburg, der a. o. Professor der Physik an der Universität Greifswald Dr. Gustav Mie zum o. Professor an derselben Hochschule, Prof. Dr. Karl E. Guthe vom Bureau of standards in Washington zum Direktor des physikalischen Instituts an der Staatsuniversität in Jowa City, der Privatdozent an der Technischen Hochschule in Karlsruhe Dr. Georg Hamel zum o. Professor der Mechanik an der deutschen Technischen Hochschule in Brünn, der Ingenieur Karl Pichelmayer in Wien zum o. Professor der Theorie und Konstruktion elektrotechnischer Maschinen an der Technischen Hochschule in Wien, der Privatdozent für Mathematik und Astronomie und Observator an der Sternwarte der Universität Königsberg Dr. Fritz Cohn zum a. o. Professor daselbst, der a. o. Professor der allgemeinen Chemie an der böhmischen Universität in Prag Dr. August Belohoubek zum o. Professor daselbst.

Habilitiert: Dr. Otto Sackur als Privatdozent für Chemie an der Universität Breslau.

Die durch Prof. Matthiesens Rücktritt erledigte Professur für Physik an der Universität Rostock ist Dr. Friedrich Franz Martens von der Universität Berlin vertretungsweise übertragen worden. Gleichzeitig wurde ihm der Titel eines a. o. Professors verliehen.

Der o. Professor der Mathematik an der Universität Innsbruck Hofrat Dr. Otto Stolz trat in den Ruhestand.

Am 7. Oktober starb in Wien der Vizedirektor an der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Regierungsrat Dr. Stanislaus Kostlivy, 58 Jahre alt, in Karlsruhe der Professor der technischen Physik an der technischen Hochschule Geh. Hofrat Dr. Heinrich Meidinger, 75 Jahre alt.

Für die Redaktion verantwortlich Privatdozent Dr. Emil Bose in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.